

Aus dem Institut für Tierernährung
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. H. Brune

Wechselwirkung
unterschiedlicher Eisen- und Mangan-Gaben
bei der Ratte

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
im Fachbereich Ernährungswissenschaften
der Justus Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Nasser Hakhmian
aus Hamedan/Iran

Gießen 1973



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545932_0063

Aus dem Institut für Tierernährung
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. H. Brune

Wechselwirkung
unterschiedlicher Eisen- und Mangan-Gaben
bei der Ratte

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
im Fachbereich Ernährungswissenschaften
der Justus Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Nasser Hakhamian
aus Hamedan/Iran

Gießen 1973



Dekan: Professor Dr. E. Menden
1. Berichterstatter: Professor Dr. H. Brune
2. Berichterstatter: Professor Dr. H. Schäfer
Tag der mündlichen Prüfung: 30. August 1973

Meiner lieben Frau

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Literaturübersicht	3
3. Fragestellung	9
4. Methodik	9
4.1 Versuchsfutter	9
4.2 Tiermaterial und Haltung der Versuchstiere	10
4.3 Analytik	11
4.3.1 Veraschung	11
4.3.2 Eisen-Bestimmung	12
4.3.3 Mangan-Bestimmung	12
4.3.4 Blutentnahme	12
4.3.5 Erythrozyten- und Leukozyten-Zählung	12
4.3.6 Sonstige Bestimmungsmethoden	13
4.4 Versuchsplanung	13
4.5 Auswertung des Tiermaterials	13
5. Versuchsergebnisse	15
5.1 Versuch I-IV	15
5.1.1 Gewichtszunahme und Futterverwertung	23
5.1.2 Eisen- und Mangan-Bilanz	23
5.1.3 Mangan- und Eisen-Gehalt in Leber und Niere	24
5.1.4 Erythrozyten- und Leukozytenzahl	26
5.2 Versuch V	28
5.2.1 Gewichtszunahme, Futterverwertung, Gewichte von Leber und Niere	28
5.2.2 Eisen- und Mangan-Bilanz	32
5.2.3 Eisen- und Mangan-Gehalt in Leber und Niere	36
5.2.4 Erythrozyten- und Leukozytenzahl	41

	Seite
6. Diskussion	44
6.1 Wachstum und Futtermittelverwertung	44
6.2 Eisen- und Mangan-Bilanz	46
6.3 Eisen- und Mangan-Retention in den Organen	49
6.4 Erythrozyten- und Leukozytenzahl	50
7. Zusammenfassung	53
8. Literaturverzeichnis	56
Tabellenanhang	60

1. Einleitung

Im Bereich des Spurenelement-Stoffwechsels sind mannigfaltige Wechselwirkungen der Spurenelemente bekannt.

Eisen und Mangan sind in ihren chemischen Eigenschaften verwandte Elemente, von denen anzunehmen ist, daß sie hinsichtlich ihrer physiologischen Verwertung und Speicherung Verdrängungs- oder Ergänzungswirkung im Stoffwechsel haben können.

Diese Arbeit soll vorwiegend einen Beitrag zur Wechselbeziehung zwischen Eisen und Mangan liefern, da gerade dieses Problem zur Zeit noch nicht vollständig geklärt ist.

Ausgangspunkt der folgenden Untersuchungen bildet der bisher erforschte Fe-Stoffwechsel beim höheren Tier.

Die Absorptionsgröße für Eisen wird einerseits durch die angebotene Fe-Menge, andererseits gleichzeitig durch die Größe der vorhandenen Fe-Depots, sowie den Grad der Erythropoese bestimmt.

Erst vor 50 Jahren hat man Mangan als konstanten Bestandteil von Pflanzen und Tieren entdeckt. Aber bereits seit 70 Jahren versuchen die Forscher herauszufinden, welche Rolle dem Mangan bei Oxydationsreaktionen der Pflanzen und Tiere zukommt.

Für Mangan findet man in der Literatur eine dem Eisen nur angedeutet ähnliche Stoffwechsel-Beziehung zwischen Mn-Aufnahme und Mn-Retention.

Man kennt -analog dem Eisen- Relationen zwischen Mn-Aufnahme, Mn-Retention und Mn-Speicherung.

Der positive Zusammenhang zwischen Mn-Aufnahme und Mn-Retention wird erst bei sehr hohen Mn-Dosen gegenläufig,

wenn der toxische Bereich beschriftet wird (THOMAS, 1970). Ausgehend von der Voraussetzung, daß die Fe-Absorption sicher und die Mn-Absorption sehr wahrscheinlich vom Bedarf des Organismus gesteuert werden, könnten Eisen- und Manganbilanz, Eisen- und Manganretention in spezifischen Organen Aufschluß über die Verwertung bzw. optimale Ausnutzung dieser Elemente bei konkurrierender Zufuhr geben.

Von besonderem Interesse zur Aufklärung von Wechselwirkungen (über Konkurrenzdosierung im Futter) ist der Dosierungsbereich der Elemente im Futter, entsprechend dem bekannten physiologischen Bedarf bei Ratten.

2. Literaturübersicht

Bedarf

Ganz allgemein kommen dem Eisen im Stoffwechsel Funktionen für Blutbildung und Zellstoffwechsel zu, dem Mangan die Aktivierung von Enzymen. Viele Mn-Funktionen, u.a. Knochenstoffwechsel und Fortpflanzungsvorgänge, sind noch ungeklärt.

Der Eisenbedarf der höheren Tiere ist nicht exakt genau bekannt. Für wachsende Ratten werden in der Literatur 50 bis 150 ppm in der Diät als ausreichend angesehen (HAGEMANN, 1960; JUNG, 1962).

Eisen wird vom Organismus selektiv aufgenommen und die Aufnahme dem Bedarf angepaßt. Damit ist auch die geringere Toxizität von Eisen zu erklären. Erst bei sehr hohen Fe-Gaben (1000-3000 ppm) ist eine Giftwirkung in bezug auf die Gewichtszunahme bei den Ratten gegeben (HARMON, 1967).

Die Angaben über den Manganbedarf weichen stark voneinander ab. Auch hier werden für Ratten Mangangaben von 40-70 ppm als Tagesbedarf angegeben (HAGEMANN, 1960; JUNG, 1962; REHNER u. STELTE, 1970).

Absorption

COTZIAS u.a. (1960) geben als Ort der Mn- und Fe-Absorption Duodenum, Jejunum und Ileum an. Der Durchtritt der Elemente durch die Darmwand erfolgt mit Hilfe eines Carriersystems. Für den Transport ist für Fe^{+++} Transferrin, für Mn^{+++} Transmanganin zuständig. Sie ermittelten, daß Eisen bzw. Mangan spezifisch an ihr Transporteiweiß gebunden und nicht austauschbar sind, so daß eine Wechselwirkung in diesem

Funktionsfeld nicht zu erwarten ist.

Hinweise auf die Veränderung der Absorption beruhen meist auf Retentionsmessungen.

KRIEG (1953) hat festgestellt, daß bei Vorhandensein einer für das Tier ausreichenden Manganmenge das Eisen besser ausgenutzt werden kann. Ausnutzung wird oft mit der Absorptionsgröße in Zusammenhang gebracht bzw. gleichgesetzt.

Nach ROBINSON (1960) haben hohe Gaben von 250-1000 ppm Mangan-Sulfat eine erniedrigende Wirkung auf die Fe-Absorption beim Rind. Nach COTZIAS (1958) steigt bei Eisenmangel die Absorption von Eisen und Mangan. Umgekehrt ist es bei gut versorgten Ratten.

In Neuseeland wurde bei höheren Mn-Gaben (1000 ppm) eine Verminderung der Fe-Absorption bei Rindern beobachtet (ANKE, 1966). In Versuchen mit Ratten haben POLLACK u.a. (1965) festgestellt, daß bei Eisenmangel mit erhöhter intestinaler Absorption von Mangan zu rechnen ist. Da Mangan und Eisen verwandte Elemente sind, wird vermutet, daß Mangan sich im Intestinaltrakt ähnlich wie Eisen verhält.

Nach DIEZ-EWALD u.a. (1968) nahmen Manganmengen im physiologischen Bereich (3-50 ppm) keinen Einfluß auf die Eisenabsorption, Eisenexkretion und auf den Hämatokritwert. Mit ansteigender Eisenabsorption bei Eisen-unterversorgten Ratten erhöhte sich auch die Manganabsorption. Bei reichlichem Eisenangebot verminderte sich sowohl die Eisen- und als auch die Manganabsorption. Die Untersuchung umfaßte echte Absorptionsbestimmungen mit den radioaktiv markierten Elementen Eisen bzw. Mangan.

Die Verfasser erwähnen, daß die Versuchsergebnisse teilweise auf Darmblutungen infolge $MnCl_2$ -Überdosierung (3300 ppm) zurückzuführen sein könnten und empfehlen weitere Untersuchungen.

POLLACK (1965) hat die Absorption von Mangan und Eisen bei Fe-Mangelratten untersucht. Durch die Methode des Blut-Wechsels konnte gezeigt werden, daß Ratten gegenüber den Kontrollen (ohne Blutwechsel) das Zweifache an Mangan und das Fünffache an Eisen resorbierten. Demnach ist bei Fe-Mangel die Fe-Absorption höher als die Mn-Absorption.

Die bisher genannten Arbeiten lassen im Bereich der Absorption eine deutliche Wechselwirkung von Eisen und Mangan erkennen.

Da die Absorption bei Eisen sicher, bei Mangan sehr wahrscheinlich durch die Körpervorräte dieser Elemente gesteuert wird, bedarf es zunächst eines Einblickes in die Literatur über Retention und Bilanz.

Retention und Bilanz

Wie HARTMAN u.a. (1955) berichten, haben höhere Mn-Gaben bis zu 5000 ppm zu einem Abfall der Eisenkonzentration in der Leber, Milz und in den Nieren von jungen Lämmern geführt.

Nach COTZIAS (1958) zeigten Nucleus, Mitochondrien und andere Fraktionen der Rattenleber durch eine komplementäre Gegenseitigkeit von Mangan und Eisen einen sinkenden Gehalt an Mangan und einen steigenden an Eisen.

Wenn man intrazelluläre Fraktionen der Rattenleber nach ihrem Eisengehalt ordnet, steht der Mangangehalt in einem reziproken Verhältnis zum Eisen (COTZIAS, 1960).

Gewebeanalysen bei Rindern zeigten bei einer Mn-Dosierung von 250-1000 ppm eine ansteigende Mn-Speicherung und Verminderung des Fe-Gehaltes. Die größten Konzentrationsänderungen wurden in der Leber, im Gehirn und in der Hypophyse festgestellt (ROBINSON, et al. 1960).

DIEZ-EWALD u. Mitarb. (1968) untersuchten die Wechselwirkung von Eisen und Mangan im Stoffwechsel bei Ratten. Größere Mn-Mengen im Futter (bis zu 3300 ppm) führten bei männlichen Wistar-Ratten (200-250 g) zu einer verminderten Fe-Speicherung in der Leber und einer erhöhten gastrointestinalen Fe-Absorption.

Eine Wechselwirkung zwischen Eisen und Mangan scheint nach vorliegender Literatur sowohl bei der Retention und Bilanz, als auch bei der Absorption insbesondere nach hohen Mn-Gaben vorzuliegen.

Bei physiologischen, dem Bedarf in etwa entsprechenden Mangan- und Eisen-Gaben, fehlen Hinweise auf die Wechselwirkung der Elemente.

Bilanz und Retention können bei Eisen und Mangan Auskunft über die wechselseitige Verwertungsbeeinflussung der Elemente geben, wenn die endogene Ausscheidung im Verhältnis zum Angebot gering ist.

Ausscheidung

Endogenes Eisen wird überwiegend über die Galle im Kot ausgeschieden. Die Eisenausscheidung im Harn ist minimal (DUNKENBERGER, 1968; KIRCHGEBNER, 1965).

Endogenes Mangan wird ebenfalls hauptsächlich über den Gallensaft im Kot ausgeschieden (95-98 %). Nur 0,1-3,0 % werden gewöhnlich durch den Urin ausgeschieden (COTZIAS, 1958; COTZIAS u.a., 1960; UNDERWOOD, 1962; WATSON u.a., 1969). Tiere (Rinder und Ratten), die wenig Mangan aufnehmen, halten ihre Ausscheidungsmenge aufrecht. Das hat natürlich Mn-Verluste zur Folge. Mangan wird nur durch die Exkretionsrate bei Mangel reguliert (ANKE, 1966; COTZIAS, 1958; DE VUYST, et al. 1959; ENGEL, et al. 1967; HILL, et al. 1954; HILL, 1968).

Die Regulation bei bedarfsgerechter Fe- und Mn-Versorgung ist, wie erwähnt, eher durch Aussteuerung der Absorption anzunehmen. Die endogenen Quoten sind nach bekannter Literatur relativ gering.

Blutbildung

HARTMAN et al. (1955) zeigten an ihren Versuchen mit Lämmern, daß Mangadosen von 45 ppm im Futter zu einem Konzentrationsabfall von Hb und Serumeisen führen. In weiteren Versuchen wurden anämischen Lämmern Mangan-gaben von 0, 1000, 2000 ppm gegeben, woraufhin sich die Hämoglobinbildung merklich verzögerte und Serumeisen niedriger ausfiel. Mangan kann offensichtlich die Eisen-Absorption und Hämatopoese beeinflussen.

MATRONE et al. (1959) berichten, daß nach überschüssigen Mangangaben (2000 ppm) auch anämische Kaninchen und Ferkel eine längere Zeit brauchen, um wieder normale Hb-Gehalte zu erreichen. Sie schätzen, daß die Beeinträchtigung der Häm-Bildung schon bei Mn-Dosen zwischen 50 und 125 ppm anfängt. Zusätzliche Fe-Gaben von 400 ppm konnten den schädlichen Mn-Effekt bei der Häm-Bildung überwinden.

Auch nach LEIBHOLZ et al. (1962) und MENS et al. (1968) führten experimentelle Mn-Gaben von 50 bis 4000 ppm bei Ratten, Hunden, Schweinen und Wiederkäuern zu reduziertem Hämoglobingehalt, Wachstumsverminderung u.a. Symptomen.

ROBINSON u.a. (1960) gaben Kälbern variierende Mn-Dosen von 0, 250, 500, 1000 ppm. Sie stellten jedoch anhand der periodischen Blutanalyse fest, daß diese Mn-Gehalte im Futter während des Versuchszeitraums (160 Tage) auf Zellvolumen, Hämoglobingehalt und Plasmaeisen ohne bleibende Wirkung waren.

Das Hämoglobin der normalen Erythrozyten enthält im Porphyrinring Eisen. Im Häm-Molekül wurde in vitro und in vivo aber auch Mangan nachgewiesen. Die zeitliche Reihenfolge der Synthese dieses Mn-Porphyrins ist nicht zu unterscheiden von der des Fe-Porphyrins.

BORG et al. (1958) sind der Ansicht, daß Erythrozyten von Säugetieren und Menschen einen oder mehrere Porphyrinringe mit Mangan anstelle von Eisen enthalten. Manganporphyrin konnte als normaler Bestandteil in menschlichen und tierischen Retikulocyten identifiziert werden.

Unter Fe-Mangelbedingungen konnte mehr Mn^{54} in den Porphyrinring des Hämoglobins eingebaut werden (DIEZ-EWALD, 1968).

Die Wirkung des Eisens auf die Bindungsfähigkeit des Mangans an Serumtransferrin wurde von PANIC und HRISTIC (1968) untersucht. Bestimmte Zugaben von Eisen zum Serum bewirkten danach eine Bindung von Mangan an Transferrin, die aber unter gewissen Bedingungen herabgesenkt werden konnte. Mangan beeinflusste die Bindungsfähigkeit von Eisen an Transferrin dagegen nicht.

Auch bei der Hämatopoese zeigt sich nach obiger Literatur eine Wechselwirkung zwischen Eisen und Mangan, wobei generell Mangan auf die Erythropoese nur bei Anämie infolge Eisenmangels oder bei höherer Mn-Gabe einwirkt.

3. Fragestellung

Die in der Literatur bezeichneten Wechselbeziehungen zwischen Eisen und Mangan sollen durch Stoffwechselversuche mit unterschiedlichen Eisen- und Mangan-Konzentrationen im Futter erweitert werden.

Von besonderem Interesse ist, ob Wechselbeziehungen im Stoffwechsel auch bei Eisen- bzw. Mangan-Gaben im physiologischen Dosierungsbereich bestehen.

4. Methodik

4.1 Versuchsfutter

Die Zusammensetzung des Grundfutters und einer 0,5 %igen Vitaminmischung erfolgte nach DJAHANSCHIRI (1971). ⁺)

Die Analysenwerte des Grundfutters sind in Tabelle 1 (S.10) zusammengefaßt. Die Mischung erfolgte sorgfältig von Hand mit anschließendem Sieben durch feinmaschiges Kunststoffsieb, um metallische Verunreinigungen zu vermeiden. Die Eisen- und Mangansalze wurden in Form von Eisenfumarat und Mangancarbonat zugesetzt. Der Kupferbedarf der Versuchsratten wurde mit 4,6 ppm Cu im Grundfutter sichergestellt.

⁺) Weizenmehl 53,70 %, Weizenkleber 22,00 %, Mais 20,00 %, Kokosfett (Biskin) 2,00 %, Natriumchlorid 0,75 %, Lysin 0,80 %, Vitaminmischung 0,50 %, Threonin 0,15 %, Valin 0,10 %, insgesamt 100,00 %.

Der Grundfuttermischung wurden je kg folgende Salze zugesetzt:

37,8 g $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

17,8 g CaCO_3

55,6 g

Tabelle 1

Analysendaten des Grundfutters
(Trockensubstanz in Gewichtsprozenten der
Gesamttrockensubstanz)

Trockensubstanz (g)	91.42
Rohprotein (g)	25.83
Rohfett "	3.21
Rohfaser "	1.44
N-frei "	64.23
Rohasche "	<u>5.29</u>
	100.00

Calcium (mg)	1.45
Phosphor "	0.76
Magnesium "	0.05
Eisen "	4.75
Mangan "	1.35
Kupfer "	0.46
Chrom "	0.01

4.2 Tiermaterial und Haltung der Versuchstiere

Die Versuche wurden mit 21 Tage alten Albinoratten aus institutseigener Zucht (Stamm HK 51), die von BRUNE und GÜNTHER (1957) beschrieben worden sind, durchgeführt. +)

Die Tiere hatten ein mittleres Körpergewicht von 37,5 g mit einer Schwankungsbreite von 34-41 g.

Sie wurden in einem klimatisierten Raum mit einer Raumtemperatur von 22⁰ C und einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 55-65 % in Stoffwechselkäfigen gehalten. Mit

+) Gesamtzahl der Versuchstiere 330 Tiere.

einer Schaltuhr wurde der Versuchsraum täglich 11 Stunden indirekt beleuchtet (von 8-18 Uhr und von 1-2 Uhr nachts). Die Herstellung metallfreier Stoffwechselkäfige erfolgte nach Angaben von DJAHANSCHIRI (1971) in der instituts-eigenen Werkstatt. Zur Erfassung von Harn und Kot wurden den Versuchskäfigen Plastikgefäße untergesetzt und die Exkremente in verdünnter Schwefelsäure aufgefangen.

Die Tiere wurden nach dem Wiegen in verschiedene Gewichtsgruppen aufgeteilt. Beim Zusammenstellen der Gruppen wurde darauf geachtet, daß männliche und weibliche Tiere möglichst im Verhältnis 1:1 vorhanden waren.

In einer dreitägigen Vorperiode sollten sie sich an das Grundfutter (= Kontrollfutter) gewöhnen. Die Hauptperiode erstreckte sich bei den Versuchsserien I-IV auf einen Zeitraum von 28 Tagen, beim Versuch V auf 14 bzw. 28 Tage. Fütterung erfolgte einmal täglich um 9 Uhr, Tränkwasser (aqua dest) stand beliebig zur Verfügung.

Etwa 6 Stunden vor Versuchsende wurden Futter und Tränkwasser entfernt, die Tiere dekapiert und nach Blutentnahme bei -18°C eingefroren. Das während des Versuchs gesammelte Kot- und Harngemisch wurde homogenisiert und eingefroren.

4.3 Analytik

4.3.1 Veraschung

Die zur Fe- und Mn-Bestimmung erforderliche Naßveraschung von Futter, Kot-Harngemisch und Rattenorganen wurde nach OELSCHLÄGER (1956) durchgeführt. Bei allen Analysengängen wurde aqua bidestillata anstelle von aqua dest. verwendet.

4.3.2 Eisen-Bestimmung

Die Bestimmung von Eisen erfolgte colorimetrisch mit 1.10 Phenantrolin in 0,25 %iger wäßriger Lösung (KOCH, 1964).

Gemessen wurde in einer 1 ccm Küvette bei 508 nm, Filter 0 im Spektralphotometer PMQ II CLM Zeiss.

4.3.3 Mangan-Bestimmung

Der Mangan-Gehalt wurde ebenfalls colorimetrisch mit Hilfe von Nydahls-Reagens (einer Mischung von HgSO_4 , HNO_3 , H_3PO_4 und AgNO_3) (HEILENZ u.a., 1970) ermittelt. Die Extinktionsmessung erfolgte bei 530 nm und Filter 0 in einer 5 ccm Küvette im Spektralphotometer PMQ II CML Zeiss.

4.3.4 Blutentnahme

Am Versuchsende wurden die jeweiligen Versuchstiere nüchtern decapitiert, 1 ml Blut mit einer Enzympipette entnommen und Antigerinnungsmittel (eine Lösung von Tris-Natrium-Citrat, Citronensäure, Dextrose in aqua dest.) im Verhältnis 1:1 hinzugegeben (Aufbewahrung im Kühlschrank).

4.3.5 Erythrozyten und Leukozyten-Zählung

Nach der Blutentnahme konnten Erythrozyten- und Leukozyten-Zahl mit Hilfe eines automatischen Zählgerätes (Celloscope) ermittelt werden. (Genaue Methodik und Berechnung s. "Gebrauchsanweisung für Celloscope 202" (1963)).

4.3.6 Sonstige Bestimmungsmethoden

Die Bestimmung der Rohnährstoffe und Elemente der Grundfuttermischung erfolgte nach den Weender-Analysenmethoden.

4.4 Versuchsplanung

In Tabelle 2 (S.14) wird der Versuchsplan übersichtlich dargestellt. Es wurden 5 Versuchsserien (I-V) mit 60 bzw. 90 Tieren durchgeführt. Jede Versuchsreihe war in Gruppen mit 15, 10 und 5 Tieren unterteilt, die mit variierenden Fe- und Mn-Gaben versorgt wurden.

Die Gruppen A, E, I, N und R waren die Kontrollgruppen (K).

4.5 Auswertung des Tiermaterials

In den Versuchen I-IV wurde von jeweils 3 Ratten pro Gruppe einzeln der Gehalt an Eisen und Mangan in Leber und Niere nach der Entblutung analysiert. Die Organe der übrigen 12 Ratten wurden homogenisiert und ein aliquoter Teil zur Bestimmung des Eisen- und Mangangehaltes genommen. Die Ermittlung der Eisen- und Manganbilanz erfolgte auf gleiche Weise. Futterverzehr und Gewichtszunahme lagen für jedes Einzeltier vor. Erythrozyten- und Leukozytenzahlen wurden von der Kontrollgruppe und den sowohl minimal als auch maximal mit Mangan und Eisen versorgten Tieren bestimmt.

In den Versuchsreihen I-IV konnten die Gewichtszunahmen, die Futterverwertung und die Erythrozyten- sowie Leukozytenzahl statistisch mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) (Varianzkoeffizient VK %, Streuung, T-test) gesichert werden.

Tabelle 2: Versuchsplanung

Vers.- Nr.	Tier- zahl/ Serie	Gr.	Tier- zahl/ Gr.	Zusatz v. Fe ppm Mn ppm z. Futter		Vers.- dauer Tage	Untersuchungen
I	60	A(K)	15	<u>47</u>	<u>13</u>	28	a)Gewichtskontr.
		B	15	+ 50	-	28	b)Futtermwert.
		C	15	+150	-	28	c)Fe-u.Mn-Bilanz Depot:Leber, Niere
		D	15	+450	-	28	d)Erythrozyten- u.Leukozytenzahl
II	60	E(K)	15	<u>47</u>	<u>13</u>	28	a + b + c + d
		F	15	-	+ 25	28	
		G	15	-	+ 75	28	
		H	15	-	+150	28	
III	60	I(K)	15	<u>47</u>	<u>13</u>	28	a + b + c + d
		K	15	+ 50	+ 25	28	
		L	15	+150	+ 25	28	
		M	15	+450	+ 25	28	
IV	60	N(K)	15	<u>47</u>	<u>13</u>	28	a + b + c + d
		O	15	+ 50	+ 75	28	
		P	15	+150	+ 75	28	
		Q	15	+450	+ 75	28	
V	90	R(K)	5	<u>47</u>	<u>13</u>	14	a + b + c + d
		S	5	+150	+ 25	14	
		T	5	+150	+ 50	14	
		U	5	+150	+ 75	14	
		V	5	+150	+100	14	
		W	5	+150	+150	14	
		R(K)	10	47	13	28	a + b + c + d
		S	10	+150	+ 25	28	
		T	10	+150	+ 50	28	
		U	10	+150	+ 75	28	
		V	10	+150	+100	28	
		W	10	+150	+150	28	

K = Kontrolle

Im Versuch V wurden alle Tiere einzeln analysiert und gleichzeitig die Anzahl der Erythrozyten und Leukozyten im Blut bestimmt.

Die Gewichtszunahme, die Futterverwertung, das Gesamtgewicht der Organe, der Eisen- und Mangangehalt in Leber und Nieren, die Eisen- und Mangan-Bilanz und schließlich die Erythrozyten- und Leukozytenzahlen konnten wieder statistisch gesichert werden.

Alle Angaben der Werte in Form von Tabellen oder Abbildungen beziehen sich auf die Durchschnittswerte von jeweils 15 Ratten bei den Versuchen I-IV, 5 und 10 Ratten bei dem Versuch V. Die Einzelwerte befinden sich im Tabellenanhang. Eine zusammenfassende Auswertung und Diskussion der Analysendaten wird im Abschnitt 6 vorgenommen.

5. Versuchsergebnisse

5.1 Versuch I-IV

Im Versuch I wurden vier Gruppen mit je 15 Tieren 28 Tage lang mit Kostformen abgestufter Fe-Zulagen (0, 50, 150, 450 ppm Fe) gefüttert, um die Retentionsverhältnisse u.a. für Eisen allein zu studieren.

Im Versuch II sollte nun geprüft werden, wie sich Mn-Zulagen in verschiedenen Konzentrationen (0, 25, 75, 150 ppm Mn) bei 28 Tagen Versuchsdauer auf die verschiedenen Parameter auswirken.

Beim Versuch III wurde der Mn-Zusatz konstant gehalten (25 ppm Mn) und der Eisenzusatz variiert (0, 50, 150, 450 ppm Fe.), um die Wechselbeziehung zwischen Eisen und Mangan im Tierkörper zu untersuchen.

Im Versuch IV sollte schließlich durch variierende Eisenfumaratzusätze (0, 50, 150, 450 ppm Fe) bei konstantem Mangancarbonatzusatz (75 ppm Mn) geprüft werden, wie sich Fe-Steigerungen bei gleichzeitig höherem Mn-Angebot (75 ppm gegenüber 25 ppm in Versuch III) verhalten. Wie aus Tabelle 2 (S.14) hervorgeht, wurden in den Versuchen I-IV die Futteraufnahme, Gewichtszunahme, Futterverwertung, die Veränderungen der Erythrozyten- und Leukozytenzahl, die Eisen- und Manganbilanz und die Eisen- und Manganretention in den Organen festgestellt.

In den Abbildungen 1 und 2 sind die durchschnittlichen Bilanzwerte für Eisen und Mangan wiedergegeben.

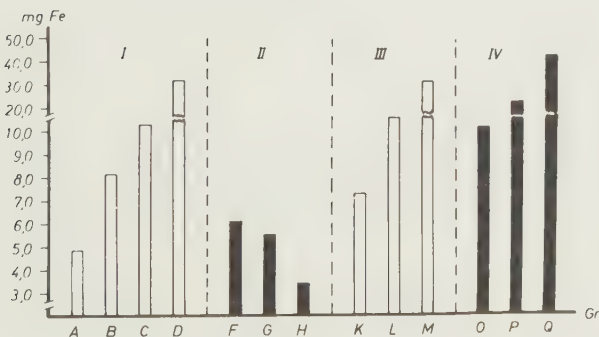


Abb. 1: Bilanzwerte für Eisen, Versuch I-IV
($\bar{x}$, n = 15/Gruppe, Versuchsdauer: 28 Tage)

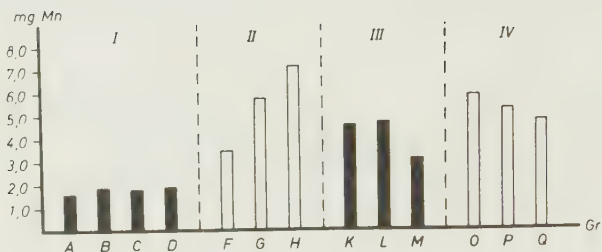


Abb. 2: Bilanzwerte für Mangan, Versuch I-IV
($\bar{x}$, n = 15/Gruppe, Versuchsdauer: 28 Tage)

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen die Durchschnittswerte der Erythrozyten- und Leukozytenzahl mit statistischer Sicherung. Die Tabellen 3 und 4 enthalten die übrigen Parameter für Versuch I-IV.

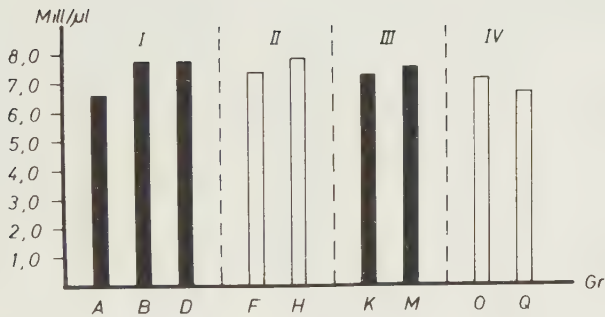


Abb. 3: Erythrozytenzahl, Versuch I-IV
($\bar{x}$, n = 15/Gruppe, Versuchsdauer: 28 Tage)

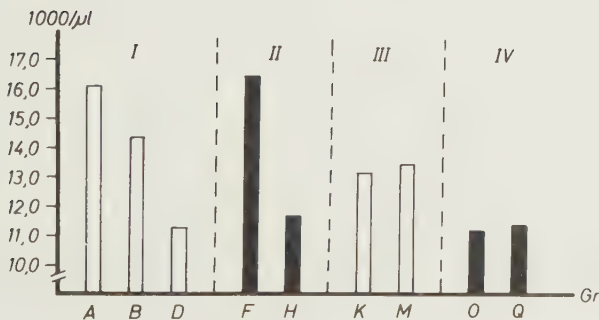


Abb. 4: Leukozytenzahl, Versuch I-IV
($\bar{x}$, n = 15/Gruppe, Versuchsdauer: 28 Tage)

Tabelle 3: Futteraufnahme, Gewichtszunahme und Futterverwertung
Versuch I-IV ($\bar{x}$, n = 15/Gruppe, Versuchsdauer: 28 Tage)

Vers. Serie	Grup- pe	Zusatz von		Futteraufn. abs. (g) rel.		Gewichts- zunahme abs. (g) rel.		Futter- verwertung abs. (g) rel.	
		Fe ppm	Mn ppm zum Futter						
I	A (K)	<u>47</u>	<u>13</u>	296,3	<u>100,0</u>	<u>104,1</u>	<u>100,0</u>	<u>2,85</u>	<u>100,0</u>
	$\pm s$					12,3		0,19	
	VK%					11,8		6,63	
	B	+ 50	-	288,4	97,3	<u>107,8</u>	103,6	<u>2,68</u>	94,0
	$\pm s$					13,0		0,22	
	VK%					12,0		8,03	
	C	+150	-	285,8	96,5	<u>107,6</u>	103,4	<u>2,66</u>	93,3
	$\pm s$					13,6		0,21	
	VK%					12,6		7,97	
	D	+450	-	273,2	92,2	<u>98,0</u>	94,1	<u>2,79</u>	97,9
	$\pm s$					11,8		0,22	
	VK%					12,0		7,78	
II	F	-	+ 25	291,6	98,4	<u>100,2</u>	96,3	<u>2,91</u>	102,1
	$\pm s$					18,0		0,31	
	VK%					18,0		10,63	
	G	-	+ 75	299,7	101,1	<u>106,9</u>	102,7	<u>2,80</u>	98,2
	$\pm s$					12,3		0,19	
	VK%					11,5		6,88	
	H	-	+150	294,1	99,3	<u>101,3</u>	97,8	<u>2,90</u>	101,8
	$\pm s$					17,7		0,30	
	VK%					17,5		10,25	
III	K	+ 50	+ 25	296,8	100,2	<u>107,6</u>	103,4	<u>2,76</u>	96,8
	$\pm s$					14,5		0,29	
	VK%					13,5		10,45	
	L	+150	+ 25	293,8	99,2	<u>107,6</u>	103,4	<u>2,73</u>	95,9
	$\pm s$					17,3		0,25	
	VK%					16,0		9,19	
	M	+450	+ 25	260,0	87,7	<u>92,5</u> ⁺	88,9	<u>2,81</u>	98,6
	$\pm s$					15,0		0,27	
	VK%					16,2		9,36	
IV	O	+ 50	+ 75	293,8	99,2	<u>105,3</u>	101,2	<u>2,79</u>	97,9
	$\pm s$					8,9		0,18	
	VK%					8,6		6,35	
	P	+150	+ 75	287,7	97,1	<u>99,8</u>	95,9	<u>2,88</u>	101,1
	$\pm s$					10,8		0,26	
	VK%					10,8		9,14	
	Q	+450	+ 75	273,5	92,3	<u>98,4</u>	94,5	<u>2,78</u>	97,5
	$\pm s$					12,9		0,22	
	VK%					13,1		7,78	

K = Kontrolle

+ = schwach signifikant

Tabelle 3a: Futteraufnahme, Gewichtszunahme und Futterverwertung
Versuch I-IV (x, n = 15/Gruppe, Versuchsdauer 28 Tage)

Vers.- Serie	Grup- pe	Zusatz von		Futteraufn. abs.(g) rel.		Gew.-Zunahme abs.(g) rel. pro 100 g Fut-		Futterverw. abs.(g) rel. pro 100 g Futteraufn.	
		Fe ppm zum Futter	Mn ppm						
I	A(K)	<u>47</u>	<u>13</u>	296,3	<u>100,0</u>	35,1	<u>100,0</u>	2,85	<u>100,0</u>
	B	+ 50	-	288,4	97,3	37,3	106,3	2,68	94,0
	C	+150	-	285,8	96,5	37,6	107,1	2,66	93,3
	D	+450	-	273,2	92,2	35,9	102,3	2,79	97,9
II	F	-	+ 25	291,6	98,4	34,4	98,0	2,91	102,1
	G	-	+ 75	299,7	101,1	35,7	101,7	2,80	98,2
	H	-	+150	294,1	99,3	34,6	98,6	2,89	101,8
III	K	+ 50	+ 25	296,8	100,2	36,3	103,4	2,76	96,8
	L	+150	+ 25	293,8	99,2	36,6	104,3	2,73	95,9
	M	+450	+ 25	260,0	87,7	35,6	101,4	2,81	98,6
IV	O	+ 50	+ 75	293,8	99,2	35,8	102,0	2,79	97,9
	P	+150	+ 75	287,7	97,1	34,7	98,9	2,88	101,1
	Q	+450	+ 75	273,5	92,3	35,0	102,6	2,78	97,5

K = Kontrolle

Tabelle 4: Eisen- und Mangan-Bilanzen der Versuche I-IV
($\bar{x}$, n = 15/Gruppe, Versuchsdauer: 28 Tage)

Vers.- Serie	Gruppe	E i s e n - B i l a n z				M a n g a n - B i l a n z			
		abs.(mg)	rel.	abs.(%)	rel.	abs.(mg)	rel.	abs.(%)	rel.
I	A(K)	4,92	<u>100,0</u>	34,9	<u>100,0</u>	1,64	<u>100,0</u>	41,0	<u>100,0</u>
	B	8,26	157,9	29,6	84,8	1,86	113,4	48,2	117,6
	C	13,31	270,5	23,3	66,7	3,89	237,2	47,0	114,6
	D	32,39	658,3	23,6	67,6	1,90	115,8	50,9	124,1
II	F	6,18	125,6	43,9	125,8	3,54	215,8	31,1	75,9
	G	5,56	113,0	39,5	113,2	5,86	357,3	22,4	54,6
	H	3,40	69,1	23,9	68,5	7,28	443,9	14,9	36,3
III	K	7,39	150,2	25,4	72,8	4,57	278,7	39,8	97,1
	L	16,09	327,0	28,0	80,2	4,76	290,2	42,8	104,4
	M	32,54	661,4	25,2	72,2	3,12	190,2	31,2	76,1
IV	O	12,52	254,5	44,2	126,6	5,93	361,6	23,1	56,3
	P	23,12	469,9	40,0	114,6	5,33	325,0	20,6	50,2
	Q	40,38	820,7	29,6	84,8	4,82	293,9	19,9	48,5

K = Kontrolle

Tabelle 4a: Eisen- und Manganbilanzen der Versuche I-IV
pro 100 g Futteraufnahme
($\bar{x}$, n = 15/Gruppe, Versuchsdauer 28 Tage)

Vers.- Serie	Gruppe	Fe-Bilanz		Mn-Bilanz	
		abs. (mg)	rel.	abs. (mg)	rel.
I	A (K)	1,660	<u>100,0</u>	0,553	<u>100,0</u>
	B	2,892	174,2	0,651	117,7
	C	4,657	280,5	0,639	115,6
	D	11,857	714,3	0,693	125,3
II	F	2,119	127,7	1,214	219,5
	G	1,855	111,7	1,955	353,5
	H	1,156	69,6	2,475	447,6
III	K	2,490	150,0	1,540	278,5
	L	5,474	329,9	1,620	292,9
	M	12,515	753,9	1,200	217,0
IV	O	4,261	256,7	2,018	364,9
	P	8,036	484,1	1,126	330,2
	Q	14,764	889,4	1,762	318,6

K = Kontrolle

5.1.1 Gewichtszunahme und Futterverwertung

Tabelle 3 (S.19) läßt erkennen, daß Eisen- und Manganzugaben in allen Versuchsreihen die Durchschnittswerte für Gewichtszunahme und Futterverwertung nur geringfügig verändern. Die Daten konnten statistisch nicht gesichert werden. Kostformen mit hohem Eisengehalt (150 ppm Fe) führten im Vergleich zur Kontrollgruppe A zu leicht reduzierten Gewichtszunahmen, die auf geringeren Futterverzehr zurückzuführen sind.

5.1.2 Eisen- und Manganbilanz

Wie aus der Abb. 1 (S.16) erkennbar, nehmen die Fe-Bilanzen im Versuch I mit steigender Fe-Zufuhr erheblich zu, in Versuch II ohne Fe-Zusatz mit steigenden Mn-Gaben bedeutend ab.

Die Mn-Bilanz im Versuch I (vgl. Abb.2, S.17) bleibt trotz steigender Fe-Gaben (0, 50, 150, 450 ppm) nahezu unverändert, d.h. Eisen vermag die Manganbilanz kaum zu beeinflussen. Im Versuch II steigen die Bilanzwerte für Mn verständlicherweise mit zunehmender Mn-Zufuhr an.

Nach steigender Fe-Zugabe (Versuch III und IV) und gleichzeitigen Mangangaben (25 ppm Im Vers.III bzw. 75 ppm Mn im Vers. IV) kommt es zu einer erheblichen Erhöhung der Fe-Bilanz im Vergleich zur Kontrolle A, die durch den Mn-Einfluß bedingt ist (vgl. Abb.1, S.16). Dieser Effekt vermindert sich zunehmend mit einer Erhöhung der Eisendosierung.

Die Mn-Bilanz (vgl. Abb. 2, S.17) folgt dieser Tendenz nicht. Sie wird zwar nach Erhöhung der Mn-Dosen (von 25 ppm auf 75 ppm Mn) in Versuch III und IV bedeutend gesteigert, zeigt dann aber nach sehr hohen Fe-Gaben von mehr als 150ppm

fallende Tendenz.

Die aufgezeigte Wechselwirkung zwischen Fe und Mn läßt im großen und ganzen erkennen, daß es optimale Zuordnungen im Sinne einer Retentionserhöhung zwischen Mn und Fe-Konzentrationen im Futter geben muß.

Den Abbildungen 1 und 2 (S.16,17) ist zu entnehmen, daß eine Konzentration von 150 ppm Fe im Futter die geeignete Dosierung sein dürfte, die den Einfluß steigender Mn-Gaben auf die Bilanzen beider Elemente (Wechselwirkung) am besten erkennen läßt.

Mit dieser Eisen-Konzentration ist der in der Literatur verzeichnete physiologische Fe-Bedarf (50-150 ppm) der Ratte maximal abgedeckt. (Vergl. hierzu auch Tabelle 4, S.21).

5.1.3 Mangan- und Eisengehalt in Leber und Niere

Eisen- und Mangan-Zulagen zum Futter erhöhten den Gehalt dieser Elemente in der Leber und der Niere. Anhand der Tabelle 5 (S.25) läßt sich erkennen, daß in der Niere die Manganspeicherung, in der Leber jedoch die Eisen-Speicherung im wesentlichen begünstigt wird.

Ein synergistisches Verhalten zwischen Eisen und Mangan ist fast stets gegeben. Die Manganretention steigt analog zur Eisenretention mit erhöhter Eisenzufuhr (Versuch III u. IV). Bei niedrigem Eisengehalt in der Diät (Versuch II) kommt es unter dem Einfluß von Mangan zu einer leichten Erhöhung der Fe-Retention in Leber und Niere.

Im übrigen verhalten sich auch die Eisen- und Mangan-Konzentrationen in den Speicherorganen Leber und Niere ähnlich wie die Bilanzen derselben Elemente.

Tabelle 5: Mangan- und Eisengehalt in Leber und Niere; Versuch I-IV
($\bar{x}$, n = 15/Gruppe, Versuchsdauer 28 Tage)

Vers.- Serie	Gruppe	Zusatz von		L e b e r			N i e r e		
		Fe ppm	Mn ppm zum Futter	mg abs.	Fe/g TS rel.	mg abs.	Fe/g TS rel.	mg abs.	Mn/g TS rel.
I	A(k)	47	13	0,17	100,0	1,64	100,0	0,18	100,0
	B	+ 50	-	0,39	299,4	1,57	144,4	0,26	184,5
	D	+450	-	0,56	329,4	1,84	200,0	0,36	227,1
II	F	-	+ 25	0,18	105,9	1,90	111,1	0,20	162,4
	H	-	+150	0,21	123,5	5,32	133,3	0,24	276,9
III	K	+ 50	+ 25	0,42	247,1	2,22	135,4	0,24	176,2
	M	+450	+ 25	0,63	370,6	5,11	161,1	0,29	168,0
IV	O	+ 50	+ 75	0,35	205,9	3,71	116,7	0,21	265,9
	Q	+450	+ 75	0,47	276,5	3,12	188,9	0,34	273,6

5.1.4 Erythrozyten- und Leukozytenzahl

Die Erythrozytenzahl (EZ) der Versuche I-IV variiert zwischen 6,5 und 7,5 Mill/ μ l; sie liegt damit in der physiologischen Schwankungsbreite (5,5-9,8 Mill/ μ l).

Abb. 3 (S.18) läßt erkennen, daß in allen Gruppen die EZ gegenüber der Kontrollgruppe A sowohl durch Mn- als auch Fe-Zulagen erhöht worden ist.

Der im Vergleich zu Versuch III erhöhte Mn-Zusatz im Versuch IV hatte auf die Erythrozytenzahl keinen besonderen Einfluß. Es waren lediglich Steigerungen gegenüber der Kontrolle A festzustellen. Erst bei den höchsten Eisen- und Mangangaben (450 ppm Fe und 75 ppm Mn, Gruppe Q) fällt die EZ und unterscheidet sich nur noch wenig von der Kontrolle.

Diese Befunde sind statistisch gesichert. (Vgl. hierzu Tabelle 6 (S.27)).

Hinsichtlich der Leukozytenzahl (LZ) ergibt sich ein anderes Bild. Grundsätzlich bestehen hier erhebliche Abweichungen gegenüber der Kontrolle A.

Wie aus Abb. 4 (S.18) ersichtlich, nimmt die LZ schon im Versuch I mit zunehmender Eisenkonzentration im Futter ab.

Im Versuch II erniedrigt die höchste Manganzulage (150 ppm Mn) die LZ fast im gleichen Maße wie die Fe-Zulage von 450 ppm von Versuch I. Auch in den Versuchen III und IV mit gleichzeitiger Fe- und Mn-Zulage in variierender Konzentration bleibt die LZ niedrig, wenn auch noch im physiologischen Bereich (9000-19000/ μ l). (COHRS, 1958).

Tabelle 6: Erythrozyten- und Leukozytenzahl der Versuche I-IV

Vers.- Serie	Gruppe	Zusatz von		Erythrozytenzahl			
		Fe ppm zum Futter	Mn ppm	abs.(Mill/ul)	rel.	abs.(1000/ul)	rel.
I	A (K)	47	13	<u>6,6</u> 0,688	100,0	<u>16,1</u> 0,926	100,0
	VK%						
	B	+ 50	-	<u>10,44</u> 7,8 ⁺⁺⁺ 0,542	118,2	<u>5,74</u> 14,4 ⁺⁺ 2,249	89,4
	VK%						
	D	+450	-	<u>6,91</u> 7,8 ⁺⁺⁺ 0,714	118,2	<u>15,61</u> 13,0 ⁺⁺⁺ 1,040	80,7
	VK%			9,14		9,16	
II	F	-	+ 25	<u>7,4</u> 0,542 ⁺⁺⁺	112,1	<u>16,4</u> 1,604	101,9
	VK%						
	H	-	+150	<u>7,30</u> 7,9 ⁺⁺⁺ 1,019	119,7	<u>9,78</u> 11,7 ⁺⁺⁺ 0,950	72,7
	VK%			12,87		8,11	
III	K	+ 50	+ 25	<u>7,3</u> 0,900 ⁺	110,6	<u>13,3</u> 1,275 ⁺⁺⁺	82,6
	VK%						
	M	+450	+25	<u>12,30</u> 7,6 ⁺⁺ 0,886	115,2	<u>9,60</u> 13,6 ⁺⁺ 1,703	84,5
	VK%			11,66		12,55	
IV	O	+ 50	+ 75	<u>7,2</u> 0,797	109,1	<u>11,3</u> 1,154 ⁺⁺⁺	70,2
	VK%						
	Q	+450	+ 75	<u>11,02</u> 6,7 ⁺ 0,790	101,5	<u>10,24</u> 11,5 ⁺⁺⁺ 1,277	71,4
	VK%			11,83		11,14	

K = Kontrolle
 + = schwach signifikant
 ++ = deutlich "
 +++ = hoch "

5.2 Versuch V

Im Versuch V wurden 6 Gruppen mit je 15 Ratten verschieden hohe Mangancarbonatgaben, entsprechend 0, 25, 50, 100, 150 ppm Mangan, und Eisen-Fumarat, entsprechend 150 ppm Fe im Futter, verabreicht.

Es sollte geprüft werden, ob bei konstanten Eisen- und variablen Mangadosen eine höhere Absorptions- bzw. Retentionsrate sich sowohl im Depot als auch in der Bilanzierung auswirkt. Auch der Einfluß auf Erythrozyten- und Leukozytenzahl sollte wiederum untersucht werden. Dazu wurden 5 Tiere/Gruppe 14 Tage lang und 10 Tiere/Gruppe 28 Tage lang mit diesen Kostformen versorgt. In den Abbildungen 5 - 11 und den Tabellen 7 - 11 sind die Durchschnittswerte der untersuchten Parameter aller Tiere mit statistischer Sicherung zusammengestellt.

5.2.1 Gewichtszunahme, Futterverwertung, Gewichte von Leber und Niere

Hinsichtlich der Gewichtsentwicklung des gesamten Organismus, der Speicherorgane Leber und Niere sowie der Futterverwertung ergeben sich keine signifikanten Unterschiede während der 14-28tägigen Versuchsdauer, wie aus der Tabelle 7 hervorgeht.

Nach Mn-Zulagen über 100 ppm nahmen jedoch die Organengewichte deutlich ab.

Diese Gewichtsabnahmen der kritischen Organe erreichten ein höheres Ausmaß, als es durch die unterschiedlichen Körpergewichtszunahmen der Versuchstiere bedingt ist. So verringerte sich das Wachstum der Gruppe U gegenüber der Versuchsgruppe V um etwa 4 %, das der zugehörigen Leber um 14 % und das der Niere um 3 % (nach 28tägiger Versuchsdauer).

Tabelle 7: Gewichtszunahme, Futterverwertung, Versuch V
($\bar{x}$, n = 5/Gruppe, Versuchsdauer: 14 Tage)

Gruppe	Fe ppm im Futter	Zusatz von Mn ppm Futter	Futter- aufnahme abs. (g)	rel.	Gewichts- zunahme abs. (g)	rel.	Gewichtszunahme pro 100g Futter abs. (g)	rel.	Futter- verwertung abs. (g)	rel.
R (K) +s VK%	47	13	102,2	100,0	42,8 5,5 12,93	100,0	41,5	100,0	2,41 0,22 9,16	100,0
S +s VK%	+150	+ 25	107,0	103,7	47,0 6,4 13,52	109,8	43,9	105,8	2,28 0,1 3,94	94,6
T +s VK%	+150	+ 50	104,6	101,4	44,2 5,51 12,47	103,3	42,3	101,9	2,37 0,08 3,27	98,3
U +s VK%	+150	+ 75	114,1	110,6	45,0 11,72 26,04	105,1	39,4	94,9	2,54 0,43 16,48	105,4
V +s VK%	+150	+100	98,9	95,8	42,1 7,14 16,97	98,4	42,6	102,7	2,35 0,19 7,84	97,5
W +s VK%	+150	+150	106,5	103,2	41,2 8,04 19,49	96,5	38,8	93,5	2,58 0,59 22,28	107,1

($\bar{x}$, n = 10/Gruppe, Versuchsdauer: 28 Tage)										
Gruppe	Zusatz von Fe ppm Mn ppm im Futter	Futter- aufnahme		Gewichts- zunahme		Gewichtszunahme pro 100g Futter		Futter- verwertung		
		abs.(g)	rel.	abs.(g)	rel.	abs.(g)	rel.	abs.(g)	rel.	
R (K)	47	13	<u>280,2</u>	<u>100,0</u>	<u>108,2</u>	<u>100,0</u>	38,8	<u>100,0</u>	2,59	<u>100,0</u>
	+s				<u>10,22</u>				0,14	
VK%					9,43				5,35	
S	+150	+ 25	<u>281,6</u>	100,5	<u>101,9</u>	94,1	<u>26,2</u>	93,3	<u>2,76</u> ⁺	106,6
	+s				<u>8,88</u>				<u>0,18</u>	
VK%					8,71				6,51	
T	+150	+ 50	<u>290,7</u>	103,7	<u>112,7</u>	104,1	<u>38,8</u>	100,0	<u>2,58</u>	99,6
	+s				<u>7,06</u>				<u>0,21</u>	
VK%					6,27				7,91	
U	+150	+ 75	<u>295,9</u>	105,6	<u>112,7</u>	104,1	<u>38,1</u>	98,2	<u>2,63</u>	101,5
	+s				<u>10,39</u>				<u>0,14</u>	
VK%					9,22				5,33	
V	+150	+ 100	<u>286,7</u>	102,3	<u>109,0</u>	100,6	<u>38,0</u>	97,9	<u>2,63</u>	101,5
	+s				<u>15,86</u>				<u>0,19</u>	
VK%					14,54				7,00	
W	+150	+ 150	<u>293,7</u>	104,8	<u>109,5</u>	101,1	<u>37,3</u>	96,1	<u>2,68</u>	103,5
	+s				<u>12,56</u>				<u>0,22</u>	
VK%					11,48				8,36	

K = Kontrolle
+ = schwach signifikant

Tabelle 7a: Organgewichte, Versuch V
($\bar{x}$, n = 5/Gruppe, Versuchsdauer 14 Tage)

Gruppe	L e b e r		N i e r e	
	abs. (g TS)	rel.	abs. (g TS)	rel.
R (K)	<u>0,796</u>	<u>100,0</u>	<u>0,232</u>	<u>100,0</u>
$\pm s$	0,092		0,016	
VK%	11,58		0,91	
S	<u>0,992</u> ⁺	124,6	<u>0,247</u>	106,5
$\pm s$	0,097		0,033	
VK%	9,81		13,19	
T	<u>0,833</u>	104,6	<u>0,226</u>	97,4
$\pm s$	0,077		0,020	
VK%	9,24		8,90	
U	<u>0,864</u>	108,5	<u>0,218</u>	94,0
$\pm s$	0,223		0,034	
VK%	25,78		15,56	
V	<u>0,782</u>	98,2	<u>0,230</u>	99,1
$\pm s$	0,167		0,017	
VK%	21,23		7,30	
W	<u>0,915</u>	114,9	<u>0,226</u>	97,4
$\pm s$	0,154		0,019	
VK%	16,82		8,40	

($\bar{x}$, n = 10/Gruppe, Versuchsdauer 28 Tage)

R (K)	<u>1,571</u>	<u>100,0</u>	<u>0,276</u>	<u>100,0</u>
$\pm s$	0,260		0,023	
VK%	16,52		8,28	
S	<u>1,552</u> ⁺	98,8	<u>0,259</u>	93,8
$\pm s$	0,241		0,023	
VK%	15,55		8,71	
T	<u>1,642</u>	104,5	<u>0,280</u>	101,4
$\pm s$	0,187		0,018	
VK%	11,42		6,32	
U	<u>1,535</u>	97,7	<u>0,290</u>	105,1
$\pm s$	0,209		0,027	
VK%	13,65		9,35	
V	<u>1,317</u>	83,8	<u>0,282</u>	102,2
$\pm s$	0,199		0,039	
VK%	15,09		15,45	
W	<u>1,306</u>	83,1	<u>0,258</u>	93,4
$\pm s$	0,238		0,025	
VK%	18,22		10,16	

K = Kontrolle + = schwach signifikant

5.2.2 Eisen- und Manganbilanz

Anhand der Abbildung 5 ist zu erkennen, daß bei konstantem Eisenzusatz mit steigender Mn-Zufuhr auch die Eisenbilanz zunächst zunimmt. Die Fe-Bilanz ist konsequenterweise nach der längeren Versuchszeit wesentlich größer.

Bei höheren Mn-Konzentrationen in der Diät (mehr als 75 ppm Mn) nehmen die Fe-Bilanzwerte dagegen wieder beträchtlich ab. Allerdings ist in den Gruppen V und W mit Mn-Gehalten von 100 bzw. 150 ppm keine bedeutende Differenz in den Fe-Bilanzwerten zu erkennen (vgl. auch Tabelle 8, S.34).

Diese Tendenz gilt sowohl für die 14-tägige als auch 28-tägige Versuchsperiode. Die Ergebnisse sind statistisch gesichert.

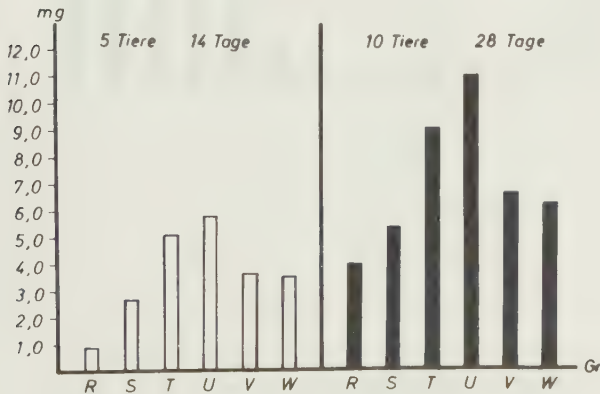


Abb. 5: Bilanzwerte für Eisen, Versuch V
($\bar{x}$, n = 5/Gruppe, Versuchsdauer 14 Tage,
 $\bar{x}$, n = 10/Gruppe, Versuchsdauer 28 Tage,
Fe = const = 150 ppm)

Wie aus Abbildung 6 hervorgeht, gelten die beim Eisen gemachten Beobachtungen auch für die Bilanzwerte von Mangan. Bei gleichzeitig hohen Eisen- und Mangangeben (Gruppe V und W) ist der Mn-Bilanzierungsgrad stark rückläufig. Auch diese Ergebnisse sind statistisch gesichert.

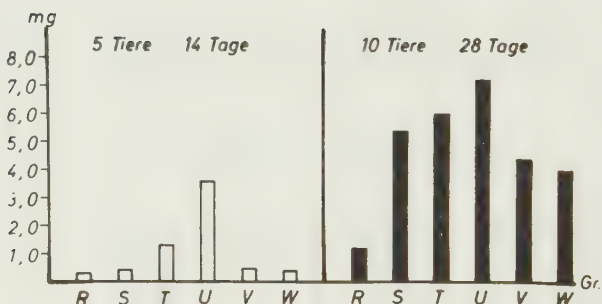


Abb. 6: Bilanzwerte für Mangan, Versuch V
($\bar{x}$, $n = 5$ /Gruppe, Versuchsdauer 14 Tage;
 $\bar{x}$, $n = 10$ /Gruppe, Versuchsdauer 28 Tage,
Fe = const = 150 ppm)

Tabelle 8: Eisen- und Manganbilanz, Versuch V
($\bar{x}$, n = 5/Gruppe, Versuchsdauer 14 Tage)

Gruppe	E i s e n - B i l a n z				M a n g a n - B i l a n z			
	abs.(mg)	rel.	abs.(%)	rel.	abs.(mg)	rel.	abs.(%)	rel.
R (K)	<u>0,88</u>	<u>100,0</u>	17,9	<u>100,0</u>	<u>0,15</u>	<u>100,0</u>	10,8	<u>100,0</u>
$\pm s$	0,34				0,132			
VK%	38,34				88,34			
S	<u>2,73</u>	310,2	12,9	72,1	<u>0,48</u>	320,0	11,7	108,3
$\pm s$	1,75				0,327			
VK%	64,06				68,11			
T	<u>5,19</u> ⁺⁺	589,8	25,1	140,2	<u>1,36</u> ⁺⁺⁺	906,7	20,5	139,8
$\pm s$	1,69				0,294			
VK%	32,48				21,57			
U	<u>5,85</u> ⁺⁺	664,8	26,0	145,3	<u>3,68</u> ⁺⁺⁺	2453,3	35,7	330,6
$\pm s$	1,57				0,434			
VK%	26,84				11,18			
V	<u>3,63</u> ⁺⁺⁺	412,5	18,6	103,9	<u>0,55</u> ⁺⁺⁺	366,7	4,9	45,4
$\pm s$	0,81				0,043			
VK%	22,21				7,76			
W	<u>3,57</u> ⁺⁺⁺	405,7	17,0	95,0	<u>0,50</u>	333,3	2,9	26,9
$\pm s$	0,46				0,494			
VK%	12,84				99,06			

($\bar{x}$, n = 10/Gruppe, Versuchsdauer 28 Tage)

R (K)	4,07	<u>100,0</u>	30,5	<u>100,0</u>	<u>1,26</u>	<u>100,0</u>	33,3	<u>100,0</u>
$\pm s$	0,59				0,579			
VK%	14,53				46,01			
S	<u>5,40</u> ⁺⁺	132,7	9,7	31,8	<u>5,38</u> ⁺⁺⁺	427,0	49,6	148,9
$\pm s$	1,03				0,960			
VK%	19,11				17,85			
T	<u>2,17</u> ⁺⁺⁺	225,3	16,0	52,5	<u>6,07</u> ⁺⁺⁺	481,7	32,9	93,8
$\pm s$	2,49				0,820			
VK%	27,14				13,52			
U	<u>11,00</u> ⁺⁺⁺	270,3	13,8	61,6	<u>7,27</u> ⁺⁺⁺	577,0	27,8	83,5
$\pm s$	2,48				1,86			
VK%	22,58				25,56			
V	<u>6,56</u> ⁺⁺⁺	151,2	11,6	38,0	<u>4,40</u> ⁺⁺⁺	349,2	13,5	40,5
$\pm s$	0,99				0,834			
VK%	14,89				18,96			
W	<u>6,23</u> ⁺⁺⁺	153,1	10,7	35,1	<u>4,05</u> ⁺⁺⁺	321,4	8,4	25,2
$\pm s$	0,98				0,812			
VK%	15,70				20,06			

K = Kontrolle

++ = deutlich signifikant

+++ = hoch signifikant

Tabelle 8a: Eisen- und Manganbilanz, Versuch V
pro 100 g Futteraufnahme
($\bar{x}$, n = 5/Gruppe, Versuchsdauer 14 Tage)

Gruppe	Fe-Bilanz		Mn-Bilanz	
	abs. (mg)	rel.	abs. (mg)	rel.
R (K)	<u>0,853</u>	<u>100,0</u>	<u>0,145</u>	<u>100,0</u>
S	<u>2,551</u>	299,1	<u>0,449</u>	309,7
T	<u>4,961</u>	513,6	<u>1,304</u>	899,3
U	<u>5,123</u>	600,6	<u>3,222</u>	2222,1
V	<u>3,672</u>	430,5	<u>0,555</u>	382,8
W	<u>3,350</u>	392,7	<u>0,469</u>	323,4

($\bar{x}$, n = 10/Gruppe, Versuchsdauer 28 Tage)

R (K)	<u>1,453</u>	<u>100,0</u>	<u>0,449</u>	<u>100,0</u>
S	<u>1,917</u>	131,9	<u>1,909</u>	425,2
T	<u>3,155</u>	217,1	<u>2,088</u>	465,0
U	<u>3,716</u>	255,7	<u>2,458</u>	547,4
V	<u>2,322</u>	159,8	<u>1,535</u>	341,9
W	<u>2,121</u>	146,0	<u>1,378</u>	306,9

K = Kontrolle

5.2.3 Eisen- und Mangangehalt in Leber und Niere

Ähnlich wie die Bilanzwerte verhalten sich auch die in den Organen gespeicherten Eisenkonzentrationen. Wie aus den Abbildungen 7 und 8 und aus der Tabelle 9 hervorgeht, erreichen die Fe-Werte in Leber und Niere ein Maximum in den Versuchsgruppen T und U mit 50 bzw. 75 ppm Mn in der Diät und nehmen dann wieder bis nahe zum Kontrollwert ab. Für die Fe-Speicherung scheint demnach ein Eisen-Mangan-Verhältnis von 3:1 bzw. 2:1 am günstigsten zu sein.

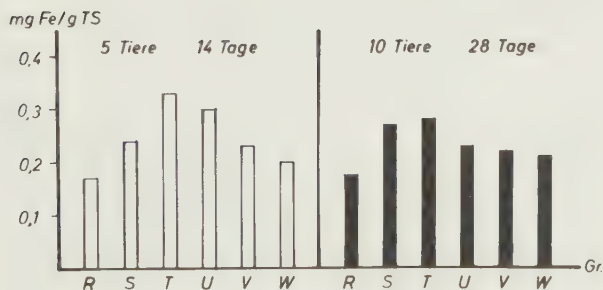


Abb. 7: Fe-Gehalt in der Leber, Versuch V
($\bar{x}$, n = 5/Gruppe, Versuchsdauer 14 Tage,
 $\bar{x}$, n = 10/Gruppe, Versuchsdauer 28 Tage,
Fe = const = 150 ppm)

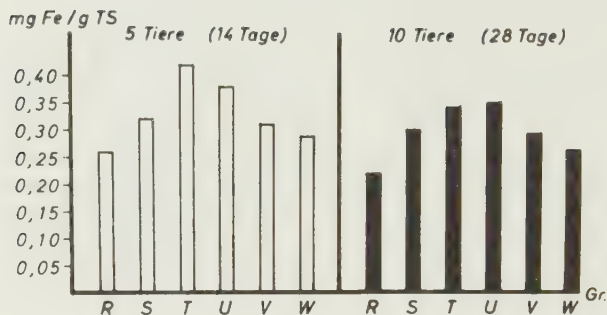


Abb. 8: Fe-Gehalt in der Niere, Versuch V
 ($\bar{x}$, n = 5/Gruppe, Versuchsdauer 14 Tage;
 $\bar{x}$, n = 10/Gruppe, Versuchsdauer 28 Tage,
 Fe = const = 150 ppm)

Gleiche Tendenzen wie das Eisen zeigte Mangan hinsichtlich seiner Speicherfähigkeit in Leber und Niere. Bereits nach 14 Tagen Versuchsdauer war der höchste Mn-Wert sowohl in der Leber als auch in der Niere in der Gruppe U (75 ppm Mn) zu finden. Der Verlauf der "Mn-Kurve" änderte sich auch nach einer Versuchsdauer von 28 Tagen kaum (vgl. hierzu die Abbildungen 9 und 10). Für die Manganspeicherung ist demnach eine Eisen-Mangan-Relation von 2:1 am vorteilhaftesten.

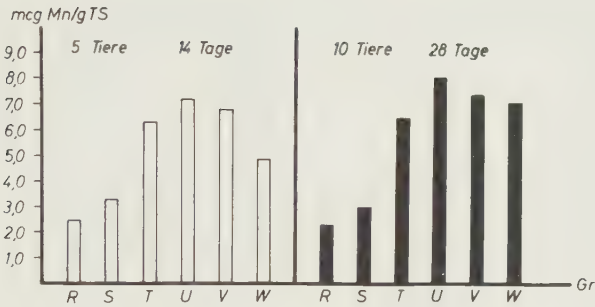


Abb. 9: Mn-Gehalt in der Leber, Versuch V
($\bar{x}$, n = 5/Gruppe, Versuchsdauer 14 Tage;
 $\bar{x}$, n = 10/Gruppe, Versuchsdauer 28 Tage,
Fe = const. = 150 ppm)

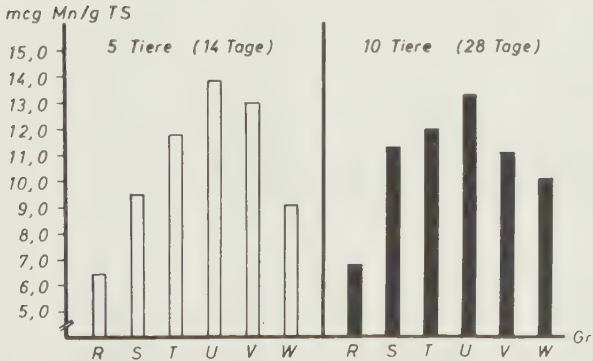


Abb. 10: Mn-Gehalt in der Niere, Versuch V
($\bar{x}$, n = 5/Gruppe, Versuchsdauer 14 Tage;
 $\bar{x}$, n = 10/Gruppe, Versuchsdauer 28 Tage,
Fe = const. = 150 ppm)

Tabelle 9: Eisengehalt in Leber und Niere, Versuch V
($\bar{x}$, n = 5/Gruppe, Versuchsdauer 14 Tage)

Gruppe	L e b e r		N i e r e	
	abs. (mg/gTS)	rel.	abs. (mg/gTS)	rel.
R (K)	<u>1,74</u>	<u>100,0</u>	<u>2,63</u>	<u>100,0</u>
+s	0,15		0,193	
VK%	8,76		7,36	
S	<u>2,34</u> ⁺⁺⁺	134,5	<u>3,24</u> ⁺⁺	123,2
+s	0,23		0,253	
VK%	9,70		7,80	
T	<u>3,34</u> ⁺⁺⁺	192,0	<u>4,18</u> ⁺⁺⁺	158,9
+s	0,25		0,519	
VK%	7,52		12,41	
U	<u>2,99</u> ⁺⁺⁺	171,8	<u>3,82</u> ⁺⁺⁺	145,2
+s	0,37		0,180	
VK%	12,48		4,72	
V	<u>2,32</u> ⁺⁺⁺	133,3	<u>3,11</u> ⁺⁺	118,3
+s	0,20		0,240	
VK%	8,52		7,73	
W	<u>1,95</u>	112,1	<u>2,85</u>	108,4
+s	0,21		0,130	
VK%	10,94		4,55	

($\bar{x}$, n = 10/Gruppe, Versuchsdauer 28 Tage)

R (K)	<u>1,67</u>	<u>100,0</u>	<u>2,21</u>	<u>100,0</u>
+s	0,17		0,207	
VK%	10,43		9,35	
S	<u>2,71</u> ⁺⁺⁺	162,3	<u>2,97</u> ⁺⁺⁺	134,4
+s	0,32		0,339	
VK%	11,94		11,41	
T	<u>2,80</u> ⁺⁺⁺	167,7	<u>3,41</u> ⁺⁺⁺	154,3
+s	0,28		0,224	
VK%	9,89		6,56	
U	<u>2,32</u> ⁺⁺⁺		<u>3,47</u> ⁺⁺⁺	157,0
+s	0,29		0,262	
VK%	12,64		7,54	
V	<u>2,24</u> ⁺⁺⁺	134,1	<u>2,82</u> ⁺⁺	127,6
+s	0,22		0,185	
VK%	9,80		6,57	
W	<u>2,06</u> ⁺⁺⁺	123,4	<u>2,62</u> ⁺⁺⁺	118,6
+s	0,17		0,166	
VK%	8,12		6,34	

K = Kontrolle

++ = deutlich signifikant

+++ = hoch signifikant

Tabelle 10: Mangangehalt in Leber und Niere
($\bar{x}$, n = 5/Gruppe, Versuchsdauer 14 Tage)

Gruppe	L e b e r		N i e r e	
	abs.(mcg/gTS)	rel.	abs.(mcg/gTS)	rel.
R (K)	<u>2,5</u>	<u>100,0</u>	<u>6,4</u>	<u>100,0</u>
$\pm s$	0,774		0,421	
VK%	30,51		6,62	
S	<u>3,3</u>	132,0	<u>9,5⁺</u>	148,4
$\pm s$	0,427		2,310	
VK%	12,78		24,33	
T	<u>6,3⁺⁺⁺</u>	252,0	<u>11,9⁺⁺⁺</u>	135,9
$\pm s$	0,576		2,559	
VK%	9,17		21,58	
U	<u>7,2⁺⁺⁺</u>	238,0	<u>13,8⁺⁺⁺</u>	215,6
$\pm s$	0,535		2,07	
VK%	7,41		15,07	
V	<u>6,8⁺⁺⁺</u>	272,0	<u>12,9⁺⁺⁺</u>	201,6
$\pm s$	0,698		0,915	
VK%	10,30		7,07	
W	<u>4,9⁺⁺</u>	196,0	<u>9,0⁺⁺</u>	140,6
$\pm s$	0,856		2,95	
VK%	17,64		32,73	

($\bar{x}$, n = 10/Gruppe, Versuchsdauer 23 Tage)

R (K)	<u>2,3</u>	<u>100,0</u>	<u>6,9</u>	<u>100,0</u>
$\pm s$	0,534		0,209	
VK%	22,96		30,49	
S	<u>3,0⁺⁺</u>	130,4	<u>11,3⁺⁺⁺</u>	163,8
$\pm s$	0,364		0,824	
VK%	12,18		7,35	
T	<u>6,5⁺⁺⁺</u>	282,6	<u>12,0⁺⁺⁺</u>	173,9
$\pm s$	0,220		2,11	
VK%	3,40		17,57	
U	<u>8,1⁺⁺⁺</u>	352,2	<u>13,4⁺⁺⁺</u>	194,2
$\pm s$	0,473		1,93	
VK%	5,86		14,40	
V	<u>7,6⁺⁺⁺</u>	330,4	<u>11,0⁺⁺⁺</u>	159,4
$\pm s$	0,603		2,00	
VK%	7,90		18,13	
W	<u>7,1⁺⁺⁺</u>	308,7	<u>10,1⁺⁺⁺</u>	146,4
$\pm s$	0,583		1,96	
VK%	8,26		19,40	

K = Kontrolle
+ = schwach signifikant
++ = deutlich signifikant
+++ = hoch signifikant

5.2.4 Erythrozyten- und Leukozytenzahl

Mit steigender Mn-Zufuhr (0, 25, 50, 75, 100, 150 ppm) bei konstantem Eisengehalt (150 ppm) im Futter nahm die Erythrozytenzahl im Verlauf von 14 Tagen bis zur Gruppe U (75 ppm) ab. Danach stiegen die Werte geringfügig an, ohne den Kontrollwert wieder zu erreichen. Diese Tendenz zeigte sich auch nach 28-tägiger Versuchsdauer in den Gruppen mit unterschiedlicher Manganzufuhr. Allerdings verhielten sich die Werte gegenüber der Kontrollgruppe etwas anders (s. Abb. 11)

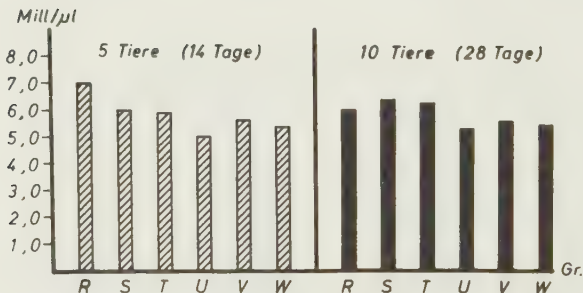


Abb. 11: Erythrozytenzahl, Versuch V
($\bar{x}$, n = 5/Gruppe, Versuchsdauer 14 Tage;
 $\bar{x}$, n = 10/Gruppe, Versuchsdauer 28 Tage,
Fe = const. = 150 ppm)

Aus Abb. 12 läßt sich entnehmen, daß die Leukozytenzahl im 14-tägigen Versuch bis zur Versuchsgruppe V anstieg (100 ppm Mn) und sich nach weiteren Mangangaben nur geringfügig verminderte. Dieses Verhalten konnte im 28-tägigen Versuch nicht beobachtet werden. Hier erreichte die Versuchsgruppe T (50 ppm Mn) die höchste Leukozytenzahl, die in den darauffolgenden Gruppen wieder abnahm.

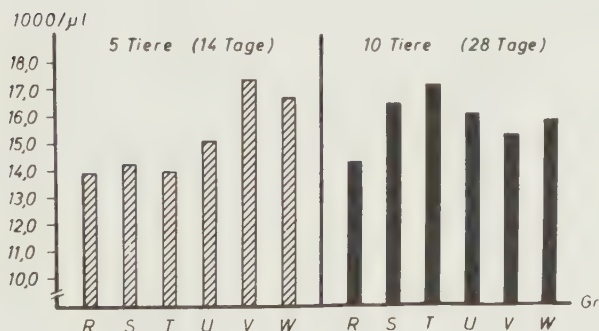


Abb. 12: Leukozytenzahl, Versuch V
 $\bar{x}$, n = 5/Gruppe, Versuchsdauer 14 Tage;
 $\bar{x}$, n = 10/Gruppe, Versuchsdauer 28 Tage,
 Fe = const. = 150 ppm)

Alle Erythrozytenzahlen im 14-tägigen Versuch waren deutlich bis hoch signifikant. Im 28-tägigen Versuch jedoch war die statistische Sicherung nur in den Gruppen T und V gegenüber der Kontrolle R schwach gesichert.

Die Leukozytenzahlen waren in der Gruppe V/14 Tage und T/28 Tage nur schwach signifikant. Ansonsten konnten die Differenzen nicht gesichert werden (vgl. hierzu auch Tabelle 11).

Tabelle 11: Erythrozyten- und Leukozytenzahl, Versuch V
Fe = const. = 150 ppm
($\bar{x}$, n = 5/Gruppe, Versuchsdauer 14 Tage)

Gruppe	Zusatz von		Erythrozytenzahl		Leukozytenzahl	
	Fe ppm im Futter	Mn ppm	abs. (Mill./ μ l)	rel.	abs. (1000/ μ l)	rel.
R (K)	<u>47</u>	<u>13</u>	<u>7,0</u>	<u>100,0</u>	<u>13,9</u>	<u>100,0</u>
+s			0,722		2,607	
VK%			10,27		18,73	
S	+150	+ 25	<u>5,9</u> ⁺⁺	84,3	<u>14,2</u>	102,2
+s			0,352		2,968	
VK%			5,96		20,86	
T	+150	+ 50	<u>5,9</u> ⁺⁺	84,3	<u>13,9</u>	100,0
+s			0,444		2,919	
VK%			7,54		20,94	
U	+150	+ 75	<u>5,1</u> ⁺⁺⁺	72,9	<u>15,1</u>	108,6
+s			0,280		2,060	
VK%			5,54		13,64	
V	+150	+100	<u>5,8</u> ⁺⁺⁺	82,9	<u>17,4</u> ⁺	125,2
+s			0,257		0,928	
VK%			4,47		5,34	
W	+150	+150	<u>5,4</u> ⁺⁺	77,1	<u>16,7</u>	120,1
+s			0,443		2,685	
VK%			8,26		16,05	

($\bar{x}$, n = 10/Gruppe, Versuchsdauer 28 Tage)

R (K)	<u>47</u>	<u>13</u>	<u>6,2</u>	<u>100,0</u>	<u>14,4</u>	<u>100,0</u>
+s			0,718		3,579	
VK%			11,67		24,86	
S	+150	+ 25	<u>6,4</u>	103,2	<u>16,4</u>	113,9
+s			0,867		0,844	
VK%			13,48		5,14	
T	+150	+ 50	<u>6,2</u> ⁺	100,0	<u>17,1</u> ⁺	118,4
+s			0,771		1,233	
VK%			12,36		7,21	
U	+150	+ 75	<u>5,3</u>	85,5	<u>16,2</u>	112,5
+s			0,722		1,070	
VK%			13,54		6,62	
V	+150	+100	<u>5,7</u> ⁺	91,9	<u>15,3</u>	106,2
+s			0,731		2,075	
VK%			12,95		13,11	
W	+150	+150	<u>5,5</u>	88,7	<u>15,9</u>	110,4
+s			0,544		2,057	
VK%			9,85		12,94	

K = Kontrolle
+ = schwach signifikant
++ = deutlich signifikant
+++ = hoch signifikant

6. Diskussion

Der Einfluß von unterschiedlichem Eisen- und Mangangehalt in der Nahrung und die Wechselbeziehung dieser Elemente zu den Parametern Gewichtsentwicklung, Bilanz bzw. Retention und Veränderungen in der Anzahl der Blutkörperchen bilden die Grundlage dieser Arbeit.

Wegen des schnellen Reaktionsvermögens auf alimentäre Veränderungen wurden junge wachsende Tiere gewählt, denen eine Grunddiät mit 47 ppm Eisen und 13 ppm Mangan angeboten wurde. Diese Konzentrationen reichen zur Bedarfsdeckung nach den Literaturangaben nicht aus, vielmehr benötigen die Ratten ca. 50-150 ppm Eisen und 40-70 ppm Mangan in der Nahrung (HAGEMANN, 1960; JUNG, 1962; REHNER, 1970).

Die Grunddiät wurde durch wechselnde Fe-Fumarat- bzw. Mn-Carbonatgaben so variiert, daß neben einer physiologischen Eisen- und Manganversorgung auch eine Überversorgung gegeben war. Von einer toxischen Dosierung dieser Elemente im Futter (1000-3000 ppm Fe und 4000 ppm Mn) (KIRCHGEßNER, 1966; HARMON, 1967) wurde abgesehen, da - wie bereits erwähnt - Wechselwirkungen zwischen Mangan und Eisen nur im physiologischen Bereich untersucht werden sollten.

6.1 Wachstum und Futtermittelverwertung

Wie den Tabellen 3 (S.19) und 7 (S.29/30) zu entnehmen ist, ergeben sich in allen Versuchsgruppen für Wachstum und Futtermittelverwertung keine deutlich signifikanten Unterschiede im Vergleich zur Kontrollgruppe mit Fe- und Mn-Unterversorgung. Eine hin und wieder leicht feststellbare Signifikanz ist zunächst nicht überzubewerten.

Nach HARMON (1967) wirken erst sehr hohe Fe-Gaben (1000-3000 ppm) auf das Wachstum der Ratten depressiv.

Da außerhalb dieser hohen Spurenelementdosierung experimentiert wurde, waren lediglich geringere Einflüsse auf das Wachstum und die Futterverwertung in der 28-tägigen Versuchsdauer zu erwarten.

ALEKSIEV u.a. (1969) haben an Broilern - ebenso wie PLUMLEE (1956) an Ferkeln - erst bei relativ niedrigen Mn-Gaben (3-50 ppm Mn), bei einer Unterversorgung also, bessere Futterverwertung und Gewichtszunahmen festgestellt, die auf unterschiedliche Einlagerungen von Depotfett zurückzuführen sind.

Junge wachsende Ratten setzen in der gegebenen Versuchszeit jedoch nur wenig Fett an.

Da der Eiweißgehalt der Ration konstant gehalten wurde (25,8 % RP) und die Futteraufnahme in etwa gleichmäßig hoch war, wäre eventuell an eine Beeinflussung der Arginaseaktivität (REHNER, 1967), durch das Mangan zu denken. Die festgestellten Versuchsergebnisse lassen jedoch einen Einfluß von Mangan auf den Eiweißumsatz, hier gemessen an Wachstum und Futterverwertung, nicht erkennen (vgl. Tabelle 3 (S.19) und 7 (S.29/30). Allerdings kam es im Versuch V bei einer maximalen physiologischen Eisen-Versorgung und Manganzulagen ab 50 ppm zu einer deutlichen Verringerung des Wachstums der Leber und vereinzelt auch bei der Niere, ohne daß dieses aus der Gewichtsentwicklung der Tiere sofort abgeleitet werden konnte. Offensichtlich besteht auch innerhalb der physiologischen Verträglichkeit zwischen Fe und Mn eine Wechselbeziehung, so daß ein bestimmtes Dosierungsverhältnis $\text{Fe} : \text{Mn} = 3-2 : 1$ im Futter sich als physiologisch optimal wirksam erweisen könnte.

Nach REHNER u.a. (1970) gelten Mangankonzentrationen von 40-70 ppm als essentiell. Allerdings werden keine Beziehungen zum Eisenstoffwechsel angegeben.

Sollten sich die Ergebnisse dieser Arbeit als stichhaltig erweisen, so müßte die Mn-Fe-Retention im gesamten Organismus und in den Organen zu einem ähnlichen Verhalten wie bei Wachstum und Futterverwertung führen.

6.2 Eisen- und Mangan-Bilanz

Zur Erklärung von Regulation und Kontrolle der Eisenabsorption sind viele Theorien verbreitet worden.

Nach MOORE (1960) soll sich die Absorptionskapazität mit der Körpernachfrage nach Eisen verschieben.

WHEBY (1964) ist der Ansicht, daß die Retention von Eisen, die in dieser Arbeit anhand der Eisen-Bilanz untersucht wurde, ein aktiver Vorgang ist, dessen Größe nicht nur von der angebotenen Eisenmenge, sondern auch vom Anteil des gespeicherten Eisens abhängig ist.

In der Versuchsreihe I dieser Arbeit (Versuchsdauer: 28 Tage), in der steigende Eisen-Zulagen (50-450 ppm) hinsichtlich ihrer Retentionsrate geprüft wurden, fiel diese von 34,9 % in der Kontrollgruppe auf 23,6 % in der Gruppe D mit höchstem Fe-Angebot (450 ppm) (vgl. Tabelle 4, S.21). Dieses Ergebnis unterstützt die von WHEBY verbreitete Ansicht. Die Retentionsrate fällt - vom Grundfutter her gesehen - somit um nahezu 30,0 %. Obwohl der Eisenbedarf von 70-150 ppm. (HAGEMANN, 1960; JUNG, 1962) in dieser Versuchsserie um das Dreifache überschritten worden ist, waren die wachsenden Ratten dennoch in der Lage, höhere Eisenmengen im Organismus zu speichern.

Wie sich die Orte der Speicherung, Leber und Niere, aufgrund dieses erhöhten Fe-Angebots verhalten, soll in dem Abschnitt Organretention näher diskutiert werden.

Selbstverständlich spielt auch der Versuchszeitfaktor für

die Absorption eine wichtige Rolle.

Die Retentionsrate (Bilanz %) wird unter den hier gegebenen, -bis auf Eisen- und Manganzusätze-, gleichen Versuchsbedingungen sicher ein Spiegelbild der Resorptionsrate sein können.

Die bekannte Abhängigkeit der Retentionsrate von der Versuchsdauer spiegelt sich in der Versuchsreihe V wider.

Hier steigt der Bilanzwert in den Kontrollgruppen mit 47 ppm Fe und 13 ppm Fe nach 14-tägiger von 17,9 % auf 30,5 % nach 28-tägiger Versuchszeit an. (Vgl. Tabelle 8, S.34).

Die in diesen beiden Versuchsserien zutage tretende verstärkte Ausnutzung des Eisens im Grundfutter (mit Fe-Mangel) ist auf den erhöhten Eisenbedarf der wachsenden Tiere zurückzuführen und entspricht damit der von MOORE (1960) aufgestellten Theorie.

Absorptions- und Retentionsmechanismus von Mangan entsprechen dem von Eisen (BERSIN, 1963). So zeigt die Retentionsrate für Mangan die gleiche Abhängigkeit von der Versuchsdauer wie für Eisen, indem der Bilanzwert in den Kontrollgruppen des Versuches V innerhalb der 14- und 28-tägigen Versuchsserien von 10,8 auf 35,8 % anstieg.

Aus Versuch II geht hervor, daß beim Mangan, im Gegensatz zum Eisen, bei einem Überangebot, das über den Bedarf von 40-70 ppm hinausgeht, die Retention stark rückläufig ist. So fiel der Mn-Bilanzwert trotz Steigerung der Mn-Menge auf 150 ppm von 41,0 % auf 14,9 %.

Der Mn-Bedarf der wachsenden Ratten ist mit durchschnittlich 50 ppm angegeben (REHNER u. STELTE, 1970) und liegt damit absolut niedriger als der von Eisen.

Auffällig ist, daß bei einer Steigerung der Mn-Zufuhr um etwa das Dreifache des Bedarfs die Retentionsrate noch stärker abfällt als beim Eisen, nämlich um 70 %.

Sollte ein biologischer Regulationsmechanismus nach dem Bedarf bestehen, so dürften 150 ppm Mn im Futter bereits eine deutliche Überversorgung sein,

Da im Fe-Stoffwechsel - gemessen an der Bilanz - grundsätzlich Retentionsrate und Bilanznorm gemäß den bekannten Theorien verliefen, wurde für die weiteren Versuche (Versuchsreihe V) eine Eisenversorgung von 150 ppm im Futter zugrunde gelegt. Von diesem Mittelwert des Experimentes aus konnte dann der Einfluß wechselnder Manganzulagen auf sicherer physiologischer Basis beobachtet werden.

In der Versuchsreihe V zeigt sich bei steigender Mn-Dosierung von 25 bis 150 ppm ein Maximum in der Eisen-Retention bei der Kombination von 150 ppm Fe und 75 ppm Mn (einem Verhältnis von 2:1). Unter- und oberhalb dieses Wertes vermindert sich die Fe-Bilanz, bei Mn-Zulagen von 150 ppm sogar um 60 %.

Die Mn-Retention folgt dieser Tendenz jedoch durchweg mit abfallender Retentionsrate nach erhöhten Mn-Zugaben.

Die nach 28 Versuchstagen erhobenen Bilanzbefunde sind beim Eisen gleichsinnig mit den nach 14-tägiger Versuchsdauer verzeichneten Ergebnissen.

Für die Mn-Bilanz liegt nach 14-tägiger Versuchszeit allerdings das Retentionsmaximum bei einer Eisen-Mangan-Kombination von 150 ppm Fe und 75 ppm Mn und nimmt dann wieder kontinuierlich ab (vgl. auch Tabelle 8, S.34 und die Abb. 5 u. 6, S.32/33).

Es erhebt sich nun die Frage, wieweit man diesen maximalen Retentionswerten beider Elemente eine Bedeutung hinsichtlich eines physiologischen Optimums zuordnen kann. Wenn die Mn-Retention ebenfalls wie die Fe-Retention vom Bedarf her gesteuert wird, dann liegen sicher bei einer

gleichbleibenden Eisenversorgung von 150 ppm die zugehörigen physiologischen Mn-Werte bei 75-150 ppm, wobei dem niedrigeren Wert infolge der maximalen absoluten Mn-Retention die größere Bedeutung zuzuschreiben ist. Sollte das unterschiedliche Bilanzverhalten der Versuchstiere ein Gradmesser für ein physiologisches Optimum sein, so müßte sich das auch in den folgenden analytisch erfaßten Daten von Organspeicherung und Blutbild widerspiegeln.

6.3 Eisen- und Mangan-Retention in den Organen

Leber und Niere sind für Eisen und Mangan kritische Organe (KOLB, 1959).

Die Untersuchungen von Leber und Nieren in den Versuchen I und II zeigten bei alleiniger Zufuhr von Eisen oder Mangan ein den Bilanzwerten entsprechendes Ansteigen der Retention (Tabelle 5, S.25).

Im Versuch V war die Eisenretention beider Organe bei einem Mangan-Plateau von 50-75 ppm am höchsten. Das ist wiederum ein Zeichen dafür, daß zwischen Mangan und Eisen eine Wechselwirkung im Organismus besteht. Es ist zu überlegen, ob sich der Einfluß von Mangan in den Organen nicht im Sinne einer Fe-Überladung bemerkbar machen könnte.

Zumindest ist anzunehmen, daß Mangan - wie sowohl aus der Bilanz als auch aus der Retention der Organe zu ersehen ist - eventuell auf die Fe-Aufnahme in den Darmschleimhautzellen im Sinne eines Mucosablockes einen Einfluß haben könnte (THOMAS, 1970 u.dort zit. Literatur). Sollte das der Fall sein, so wirkt Mangan einer Eisen-Überladung in den Konzentrationsbereichen von mehr als 50 ppm Fe im Futter entgegen.

Die im Versuch V festgestellte Verminderung der Leber- und Nieren-TS-Gewichte, die erheblich größer war als die negativen Gewichtszunahmen in den Gruppen mit höherer Mn-Zufuhr, zeigt deutlich an, daß über 75 ppm hinaus gegebene Mn-Gaben den Organismus unphysiologisch belasten. (vgl. Tabelle 7, S.29/30).

6.4 Erythrozyten- und Leukozytenzahl

Die Erythrozytenzahl konnte innerhalb der physiologischen Diäten ein Kriterium für den Mn-Einfluß auf die Eisen-Verwertung angeben.

Da in allen Fällen die Mindestversorgung von Eisen mit etwa 47 ppm im Grundfutter sichergestellt war, dürfte von dieser Seite kein Effekt auf die Erythropoese zu erwarten sein. Auch die Cu-Versorgung von 4,7 ppm reichte für eine normale Erythropoese aus, so daß eine Anaemie in diesem Bereich nicht zu erwarten war. Tatsächlich schwankten die Erythrozytenzahlen über alle Versuchsreihen hinweg zwischen 5,1 und 7,9 Mill./ μ l. Die normale Schwankungsbreite liegt jedoch bei 5,5 - 9,8 Mill./ μ l (COHRS, 1958).

Bei einer Fe-Versorgung von 47-450 ppm ohne Mn-Zusatz lagen die Erythrozytenzahlen bei 6,5-7,8 Mill./ μ l und damit in diesem Schwankungsbereich (Vgl. Versuch I).

Auch nach Mangan-Zusätzen von 25-150 ppm bei gleichzeitig niedrigstem Fe-Angebot blieb die Erythrozytenzahl in dieser Größenordnung (vgl. Versuch II).

Gegenüber den Kontrolltieren (Vers. I und II) wirkten sowohl Eisen als auch Manganzulagen allein in Richtung einer Erythrozytenvermehrung zurück. Dieser Befund ist statistisch gesichert (Vgl. Abb. 3 u. 4, S.18).

Die Kombination von konstantem Fe-Gehalt (150 ppm) im Futter mit steigenden Mn-Gaben führte allgemein - bei gleicher Versuchsdauer - zu einer zunehmenden Verminderung der Erythrozytenzahl. Diese Verminderungen liegen allerdings noch im physiologischen Bereich. So führten eine Manganzulage von 75 ppm und ein gleichzeitiges Fe-Angebot von 150 ppm zu einer Erythrozytenzahl, die gegenüber der Kontrolle um etwa 27 % reduziert war.

Offensichtlich senken die Mn-Zusätze die Erythropoese, was in diesen Versuchen nicht erwartet wurde, da ausreichende Mengen Eisen und Mangan sowie Kupfer zur Verfügung standen. Auch anaemische Zustände waren nicht zu verzeichnen, und eine deutlich herabgesetzte Gewichtszunahme konnte ebenfalls nicht beobachtet werden.

Nebenbei wurde in allen Versuchsgruppen geprüft, wieweit die Leukozytenzahl durch verschiedene Fe- und Mn-Konzentrationen im Futter beeinflussbar war.

Die weißen Blutkörperchen dienen im Organismus als Indikatoren für toxische Momente, d.h. die Leukozytenzahl konnte evtl. Auskunft über Abwehrmechanismen des Körpers aufgrund einer Intoxikation mit den Spurenelementen Eisen und Mangan geben.

So hatten DIEZ-EWALD et al. (1968) als Folge von allerdings sehr hohen Mangangaben (3300 ppm) bei Ratten Darmblutungen und Mucosa-Verletzungen registriert.

Da alle Mn- und Fe-Konzentrationen dieser Arbeit im physiologischen Bereich lagen, konnten größere Abweichungen von der Norm (9000-19000/ μ l Blut) nicht erwartet werden, und die Ergebnisse (11000-16000/ μ l Blut in den Versuchen I - IV und 13900-17700/ μ l Blut im Versuch V) lagen folglich auch innerhalb der Schwankungsbreite. Daß Mangan die Leukozytenzahl beeinflussen kann, zeigt Versuch II, in

dem relativ hohe Gaben von Mangan (150 ppm Mn) die LZ von 16100/ μ l in der Kontrollgruppe auf 11700/ μ l herabsetzten. Auch in den Versuchen III und IV mit Mn- und gleichzeitigen Fe-Zusätzen fielen die Leukozytenzahlen mit steigenden Fe-Konzentrationen, blieben aber jeweils in der physiologischen Schwankungsbreite. Nur im Versuch V waren sowohl in den Gruppen mit 150 ppm Fe und 100 ppm Mn-Zufuhr als auch mit 150 ppm Fe, aber 50 ppm Mn nach 14- und 28-tägiger Versuchsdauer die Leukozytenzahlen im Vergleich zur Kontrollgruppe erhöht. Die Versuchsergebnisse der Versuchsreihe V waren allerdings statistisch nur schwach abzusichern.

In allen Versuchsreihen war weder nach steigenden Fe- noch nach Mn-Gaben eine Leukozytose zu beobachten. Insgesamt läßt sich feststellen, daß Erythrozyten- wie auch Leukozytenzahlen durch unterschiedliche Fe- und Mn-Gaben, soweit sie im physiologischen Bereich liegen, kaum wesentlich beeinflußbar sind.

7. Zusammenfassung

An wachsenden jungen Ratten (37,5 g) wurden im Stoffwechselversuch mit variierenden Eisen- und Mangan-Zulagen im physiologischen Dosierungsbereich Wechselwirkungen zwischen diesen beiden Spurenelementen untersucht.

Die Tiere (22 Versuchsgruppen) erhielten bei 1⁴ bzw. 28tägiger Versuchsdauer zu einer Grunddiät mit minimalen Fe- und Mn-Gehalten (47 ppm Fe und 13 ppm Mn) Zulagen von 25-150 Mn in Form von Mangancarbonat und 50-450 ppm Fe in Form von Eisen-Fumarat.

Zur Erfassung der Bilanzen wurden im Kot-Harn-Gemisch der Eisen- und Mangan-Gehalt analytisch ermittelt. Fe- und Mn-Retention konnten in Leber und Niere bestimmt werden. Im Blut der Tiere wurden Erythrozyten und Leukozyten ausgezählt. Daraus ließen sich folgende Ergebnisse ableiten:

1. Eisen- bzw. Mangan-Zulagen allein führen zu einer erhöhten Retention dieser Elemente im gesamten Organismus.
2. Unterschiedliche Fe- und Mn-Zulagen im physiologisch vertäglichen Bereich lassen Wechselwirkungen zwischen diesen beiden Elementen erkennen.
3. Anhand der Parameter Futterverwertung und Wachstum ließen sich in allen Versuchsreihen keine wesentlichen Wechselwirkungen zwischen Eisen und Mangan feststellen.
Bei einer optimalen Eisenversorgung (150 ppm) und gleichzeitig steigenden Mn-Gaben (>100 ppm) kommt es lediglich zu einer Depression des Wachstums der Organe Leber und Niere.
4. Eine Kombination von 150 ppm Fe und 75 ppm Mn zu der Grunddiät erwies sich sowohl für Wachstum, Organentwicklung und Bilanzen dieser Elemente als physiologisch optimal.

5. Erythrozyten- und Leukozytenzahlen blieben in allen Versuchsreihen trotz unterschiedlicher Fe- und Mn-Konzentrationen innerhalb der physiologischen Schwankungsbreite.

Mn-Zusätze senkten jedoch die Erythropoese, obwohl ausreichende Mn-, Fe- und Cu-Mengen verfügbar waren.

Summary

The interaction of the trace minerals Fe and Mn fed at different levels were tested in metabolic experiments with growing rats (37,5 g). 22 groups were kept in metabolic cages for 14-28 days. The rations fed were a basal diet containing 47 ppm Fe and 13 ppm Mn and this, alternatively supplemented with 25-150 ppm Mn (as Mn-carbonate) and 50-450 ppm Fe (as Fe-fumarate). At the end of the experiments the rats were killed and the material analysed for the content of Mn and Fe in the faeces-urine mixture, the Mn- and Fe-retention in the liver and kidney and the number of erythrocytes and leucocytes in the blood.

The investigations gave following results:

1. Supplementing only Fe or Mn increased the retention of both minerals in the total body.
2. Compound supplements of Fe and Mn indicated interactions between the two minerals, so far they were given in a normal physiological range.
3. Taking FCE (Food conversion efficiency) and weight gain as experimental parameters, no interactions could be observed between the two minerals in any treatment. Only with groups receiving a nearly optimal Fe-supplement (150 ppm) and Mn-supplements higher than 100 ppm the weight of liver and kidney decreased.
4. Best results for weight gain, gathering of organs and Fe-Mn balance were recorded with supplementations of 150 ppm Fe and 75 ppm Mn.
5. In all treatments the number of erythrocytes and leucocytes remained in a normal physiological range. Erythropoiesis however was depressed after Mn supplementation, though there were Fe and Mn sufficiently available.

8. Literaturverzeichnis

-
- ALEKSIEV, A., E. KRUSTEVA, N. JOVCEV: Untersuchung über den Einfluß einiger Spurenelemente auf Masseentwicklung und Futteraufwand bei Broilern. 3. Mitt. Einfluß des Mangans. (Orig.Russ.) Zivotnovudni nauki. Sofija 6 Nr. 7, 51-56 (1969)
- ANKE, M.: Mineral content of hair and several organs of normally fed and Fe, Cu and Mn deficient calves (translated title). Arch. Tierernährung 16, 57 and 999 an 17, 1 (1966)
- BERSIND, T.: Biochemie der Mineral- und Spurenelemente, Akademie Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main (1963)
- BORG, D.C., G.C. COTZIAS: Incorporation of manganese into erythrocytes as evidence for a manganese Porphyrin in man. Nature 182, 1677 (1958)
- BRUNE, H., K. GÜNTHER: Ztschr.f. Tierphysiol., Tierernährung, Futtermittelkunde 12, 380 (1957)
- COHRS, P., R. JAFFE, H. MEESSEN: Pathologie der Laboratoriumstiere. Springer-Verlag Berlin, Band I (1958)
- COTZIAS, G.C.: Manganese in health and disease. Physiological Reviews 38, 503-532 (1958)
- COTZIAS, G.C.: Metabolic relations of manganese to other minerals, Federation Proc., 19, 655-658 (1960)
- COTZIAS, G.C., and A.J. BERTINCHAMPS: Transmanganin, the specific manganese - carying of human plasma. J. Clin. Invest., 39, 979 (1960)
- DE VUYST, A.R. ARNOULD, M. VANBELLE, G. BLANJEAU, W. VERVACK. and A. MOREELS: La Teneur en Fer dans les Ailments de la Ferme en Campine, et dans les principeaux Tourteaux employes en Belgique. L'importance du Fer en Nutrition animale. Extrait Agr. 7, 155(1959)
- DIEZ-EWALD, M., L.R. WEINTRAUB, W.H. CROSBY: Interrelationship of iron and manganese metabolism, Proc. Soc. expw. Biol. Med. 129, 448-451 (1968)

- DJAHANSCHIRI, H.: Zum Einfluß von Chrom als Spurenelement auf die hormonelle Glucose-Regulation bei der Ratte. Diss. Gießen (1971)
- DUNKENBERGER, J.: Variation physiologischer Daten der Eisenverwertung beim Ferkel, Diss. Gießen (1968)
- ENGEL, R.W., N.O. PRICE, and R.F. MILLER: Copper, manganese, cobalt and molybdenum balance in preadolescent girls. J. Nutrition 92, 197 (1967)
- Gebrauchsanweisung für Celloskope 202, Fa. AB. Limburg Co-Stockholm, Sweden (1963)
- HAGEMANN, E., G. SCHMIDT: Ratte und Mais, Walter De Gruyter & Co, Berlin (1960)
- HARMON, B.G., D.E. BECKER, A.H. JENSEN, H.W. NORTON: Effect of Na₂ EDTA in diets of different iron levels on utilization of calcium, phosphorus and iron by rats. J. Animal Sci. 27 Nr.2, 418-423 (1967)
- HARTMAN, R.H., G. MATRONE, G.H. WISE: Effect of high dietary manganese on hemaglobin formation. J. Nutrition 57, 429-439 (1955)
- HEILFENZ, S., W.HÖFNER, K.H. NEUMANN: Biochemisches Praktikum, 150 (1970)
- HILL, R.M., and D.E. HOLTKAMP: Storage of dietary manganese and thiamine in the rat. J. Nutrition 52, 73 (1954)
- HILL, R., and J.W. MATHERS: Skeletal manganese in pullets given diets of different Mn content. Proc. Nutrition Soc. 27:39 A (1968)
- JUNG, S.: Grundlagen für die Zucht und Haltung der wichtigsten Versuchstiere. Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart (1962)
- KIRCHGEGNER, M., M. FRIESECKE: Wirkstoffe in der praktischen Tierernährung. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München-Basel-Wien (1966)
- KOCH, G.A.: Lehrbuch der Spurenelementanalyse S.546 (1964)
- KOLB, E.: Die Bedeutung des Mangans in der Tierernährung. Tierärztliche Umschau 14, 265-268 (1959)

- KRIEG, R.: Der Gehalt an Spurenelementen in Wirtschaftsfuttermittel und Tierorganen. Diss. Stuttgart-Hohenheim (1953)
- LEIBHOLZ, J.M., V.C. SPEER, and V.W. HAYS: Effect of dietary manganese on baby pigs performance and tissue manganese levels.
J. Animal Sci. 21, 772 (1962)
- MATRONE, G., R.H. HARTMAN, A.J. CLAWSON: Studies of a manganese-iron autogonism in the nutrition of rabbits and baby pigs.
J. Nutrition 67, 309-317 (1959)
- MENS, I., O. MARIN, S. FUENZALIDA, and G.C. COTZIAS: Chronic manganese poisoning: clinical picture and Mn turnover. Neurology 17, 128 (1968)
- MOORE, C.V.: Iron metabolism and nutrition.
The Harvey Lectures 55, 67 (1960)
- OELSCHLÄGER, W.: Bestimmung von Mineralstoffen bzw. Spurenelementen in biologischen Substanzen (1956)
- PANIC, B., HRISTIC: Effect of Fe on the binding of Mn to serum transferrin, Acta vet. 18, 19-25, Belgrade (1968)
- PLUMLEE, M.P., D.M. TRASHER, W.M. BEESON, F.N. ANDREWS and H.E. PARKER: The effect of a manganese deficiency upon the growth, development and reproduction of swine. J. Animal Sci. 15, 532 (1956)
- POLLACK, S., J.N. GEORGE, R.C. REBA: The absorption of nonferrous metals in iron deficiency.
J. Clin. Invest. 44, 664-667 (1965)
- REHNER, G.: Einfluß der Manganversorgung auf die katalytische Aktivität der Leberarginase bei der Ratte.
Bibl. Nutritio et Dieta, No.11, 159-166 (1967)
- REHNER, G., W. STELTE: Einfluß von Mangan, Kobalt und Nickel auf die Aktivität der Leberarginase in vitro und vivo. Sonderdruck von Medizin und Ernährung (1970)
- ROBINSON, N.W., S.L. HANSARD: Excess dietary manganese and feed lot performance of beef cattle.
J. of Animal Science 19, 1290 (1960)
- THOMAS, J.W.: Metabolism of Iron and Manganese. Journal of Dairy Science 53, Number 7, 1107-1123 (1970)

- UNDERWOOD, E.J.: Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Academic Press, New York (1962)
- WATSON, L.T., C.B. AMMERMAN, W.G. HILLIS and C.B.HULSBROCK: Ruminant utilization of inorganic manganese. J. Animal Sci. 29, 175 (1969)
- WHEBY, M.S., L.G. JONES and W.H. CROSBY: Studies on iron absorption. Intestinal regulatory mechanism. J. Clin. Invest. 43, 1433 (1964)

TabellenanhangTabelle 1

Gewichtszunahme und Futterverwertung bei unterschiedlichen
Eisen- und Mangan-Konzentrationen (Versuch I - V)

Versuch I

Gr.A 28 Tage Versuchsdauer, Zusatz von Fe 0 ppm u. Mn 0 ppm

Tier Nr.	Anfangs- gewicht g	Futterraufn. g	Zunahme g	Futter - verw. g	Geschl.
1	36.4	300.6	105.8	2.84	♀
2	35.6	293.6	102.2	2.87	♀
3	36.8	309.2	106.4	2.90	♀
4	37.1	258.0	83.2	3.10	♀
5	37.7	270.5	88.3	3.06	♀
6	38.2	303.7	100.6	3.01	♀
7	39.0	292.5	95.7	3.05	♀
8	40.2	295.4	97.1	3.04	♀
9	36.4	311.3	117.2	2.65	♀
10	35.5	329.9	112.5	2.93	♀
11	36.4	282.2	96.1	2.93	♀
12	37.4	311.5	123.3	2.52	♀
13	38.1	328.2	128.4	2.55	♀
14	38.0	293.5	104.5	2.80	♀
15	40.2	264.7	99.8	2.65	♀
X	37.5	296.3	104.1	2.86	
s+			12.29	0.19	
v%			11.81	6.63	

Gr. B 28 Tage Versuchsdauer, Zusatz von Fe 50 ppm u. Mn 0 ppm

1	36.2	270.2	88.3	3.06	♀
2	34.8	269.0	89.7	2.99	♀
3	37.3	283.7	102.9	2.75	♀
4	38.3	301.3	103.6	2.90	♀
5	37.7	298.9	106.9	2.79	♀
6	36.6	257.6	88.5	2.91	♀
7	37.2	326.7	117.4	2.78	♀
8	40.8	287.9	105.8	2.72	♀
9	35.3	255.8	106.4	2.40	♀
10	34.9	262.7	99.2	2.64	♀
11	38.6	285.3	115.0	2.48	♀
12	39.5	294.8	122.9	2.39	♀
13	38.4	298.8	118.1	2.53	♀
14	39.5	309.6	123.8	2.50	♀
15	39.2	323.5	128.3	2.52	♀
-					
X	37.6	288.4	107.8	2.69	
s+			12.98	0.22	
v%			12.04	8.08	

Fortsetzung von Tabelle 1

Gr. C 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 150 ppm u. Mn 0 ppm

Tier Nr.	Anfangs - gewicht g	Futterraufn. g	Zunahme g	Futter - verw. g	Geschl.
1	35.4	278.4	103.4	2.69	♀
2	35.0	290.7	116.2	2.69	
3	36.8	304.6	102.9	2.96	
4	36.6	256.3	83.7	3.06	
5	36.2	226.0	83.9	2.69	
6	38.1	276.4	97.2	2.87	
7	39.6	296.3	101.0	2.93	
8	39.7	297.8	108.3	2.74	
9	35.8	303.1	123.9	2.44	
10	35.1	288.4	104.8	2.75	
11	38.5	279.1	104.5	2.67	
12	39.3	280.8	119.0	2.35	
13	37.7	323.4	130.5	2.47	
14	40.3	293.3	122.9	2.38	
15	40.2	289.0	111.6	2.58	
$\bar{X}$	37.6	285.8	107.6	2.67	
$s \pm$			13.59	0.21	
$v\%$			12.63	7.97	

Gr. D 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 450 ppm u. Mn 0 ppm

1	35.4	254.7	85.1	2.99	♀
2	34.7	264.5	93.1	2.84	
3	36.8	246.8	86.3	2.85	
4	36.7	232.9	74.6	3.12	
5	38.1	273.6	97.0	2.82	
6	37.5	271.9	87.2	3.11	
7	39.0	299.0	105.7	2.82	
8	38.9	294.7	101.8	2.89	
9	36.2	278.5	109.4	2.54	
10	34.8	281.3	115.7	2.43	
11	38.2	273.1	89.1	3.06	
12	39.1	257.0	99.1	2.77	
13	39.2	300.7	109.0	2.75	
14	40.6	273.3	111.5	2.45	
15	39.2	278.5	104.7	2.65	
$\bar{X}$	37.6	273.2	98.0	2.80	
$s \pm$			11.78	0.22	
$v\%$			12.01	7.78	

Versuch II Fortsetzung von Tabelle ¹

Gr. E 28 Tage Versuchsdauer, Zusatz von Fe 0 ppm u. Mn 0 ppm

Tier Nr.	Anfangs- gewicht g	Futterraufn. g	Zunahme g	Futter - verw. g	Geschl.
1	35.1	240.4	79.4	3.02	0
2	35.3	281.3	105.8	2.65	0
3	34.5	289.6	98.7	2.17	0
4	37.1	288.6	101.4	2.08	0
5	38.2	280.7	102.0	2.00	0
6	38.7	279.5	95.5	2.11	0
7	38.6	275.1	96.6	2.03	0
8	40.2	297.6	94.1	2.21	0
9	35.7	269.1	112.8	1.81	0
10	34.9	246.7	97.2	1.86	0
11	39.4	291.0	116.8	1.86	0
12	37.1	240.0	102.4	1.72	0
13	39.4	287.3	100.6	2.05	0
14	39.9	217.4	102.2	2.09	0
15	40.2	309.7	102.3	2.17	0
$\bar{X}$	37.6	278.3	100.4	2.12	
s+	-	-	-	-	
v%					

Gr. F 28 Tage Versuchsdauer, Zusatz von Fe 0 ppm u. Mn 25 ppm

1	36.6	294.2	99.8	2.94	0
2	35.9	272.9	93.6	2.91	0
3	36.4	252.5	75.3	3.35	0
4	37.0	270.5	88.0	3.07	0
5	37.7	250.4	85.7	2.92	0
6	38.1	301.4	93.3	3.23	0
7	38.6	326.2	107.9	3.02	0
8	40.6	297.1	91.5	3.24	0
9	36.2	311.7	131.8	2.36	0
10	35.8	294.3	116.2	2.53	0
11	36.2	254.6	73.0	3.48	0
12	37.3	292.2	92.6	3.15	0
13	38.0	292.6	105.6	2.77	0
14	38.2	314.9	116.8	2.69	0
15	40.4	348.5	131.3	2.65	0
$\bar{X}$	37.5	291.6	100.2	2.95	
s+			17.99	0.31	
v%			17.96	10.63	

Fortsetzung von Tabelle 1

Gr. G 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 0 ppm u. Mn 75 ppm

Tier Nr.	Anfangs - gewicht g	Futterraufn. g	Zunahme g	Futter - verw. g	Geschl.
1	36.3	284.1	105.7	2.68	O O O O O O O O O O O O O O O
2	35.3	268.7	86.9	3.09	
3	36.8	264.4	83.6	3.16	
4	37.2	306.4	109.7	2.79	
5	37.8	302.4	104.4	2.89	
6	38.3	279.3	103.3	2.70	
7	31.2	289.4	93.8	3.08	
8	40.1	318.1	105.7	3.00	
9	36.1	306.9	115.7	2.66	
10	35.8	323.9	126.5	2.56	
11	36.1	327.2	116.3	2.81	
12	37.3	293.9	106.9	2.74	
13	38.1	311.9	120.5	2.58	
14	38.3	322.6	122.3	2.63	
15	40.3	296.9	102.7	2.89	
$\bar{X}$	37.5	299.7	106.9	2.81	
$s_{\pm}$			12.32	0.19	
$v\%$			11.52	6.88	

Gr. H 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 0 ppm u. Mn 150 ppm

1	36.3	301.7	108.2	2.78	O O O O O O O O O O O O O O O
2	35.5	256.8	84.1	3.05	
3	36.9	295.4	112.4	2.62	
4	37.2	263.4	79.9	3.29	
5	37.8	291.1	98.4	2.95	
6	38.3	295.6	91.1	3.24	
7	38.3	259.1	75.5	3.43	
8	40.8	327.1	110.1	2.97	
9	36.0	288.9	114.2	2.52	
10	35.8	236.8	68.0	3.48	
11	36.5	346.7	120.4	2.87	
12	37.1	291.1	107.5	2.70	
13	38.0	305.1	107.6	2.83	
14	38.4	312.6	114.5	2.73	
15	40.2	339.7	128.2	2.64	
$\bar{X}$	37.5	294.1	101.8	2.94	
$s_{\pm}$			17.72	0.30	
$v\%$			17.49	10.25	

Versuch III Fortsetzung von Tabelle 1

Gr. I 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 0 ppm u. Mn 0 ppm

Tier Nr.	Anfangs gewicht g	-Futterraufn. g	Zunahme g	Futter - verw. g	Geschl.
1	35.3	295.5	104.2	2.84	oooooooooooo
2	35.1	293.6	98.9	2.97	
3	37.4	274.6	92.1	2.98	
4	37.5	284.2	103.1	2.76	
5	38.2	288.3	97.3	2.96	
6	39.1	319.2	118.1	2.70	
7	40.1	300.6	113.0	2.66	
8	31.1	285.7	102.0	2.80	
9	35.4	290.3	117.5	2.47	
10	35.8	307.0	122.2	2.51	
11	37.2	305.3	120.4	2.54	
12	36.0	310.6	105.4	2.95	
13	38.7	287.7	118.1	2.44	
14	37.6	311.3	121.7	2.56	
15	40.5	297.4	109.3	2.72	
$\bar{X}$	37.5	296.8	109.6	2.72	
s±			-	-	
v%			-	-	

Gr. K 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 50 ppm u. Mn 25 ppm

1	35.4	339.4	109.7	3.10	oooooooooooo
2	34.8	285.1	102.1	2.80	
3	37.7	301.0	103.7	2.90	
4	37.7	304.5	106.5	2.86	
5	38.2	287.8	95.5	3.01	
6	39.5	266.3	77.7	3.43	
7	39.2	268.2	97.2	2.77	
8	39.9	305.3	97.3	3.14	
9	35.3	302.6	116.8	2.60	
10	36.2	292.2	119.5	2.45	
11	36.6	327.2	130.0	2.52	
12	36.3	260.9	91.6	2.85	
13	37.5	295.2	120.9	2.45	
14	38.6	310.5	125.8	2.47	
15	40.1	305.5	119.1	2.56	
$\bar{X}$	37.5	296.8	107.6	2.79	
s±			14.47	0.29	
v%			13.45	10.45	

Fortsetzung von Tabelle 1

Gr. I 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 150 ppm u. Mn 25 ppm

Tier Nr.	Anfangs - gewicht g	Futteraufn. g	Zunahme g	Futter - verw. g	Geschl.
1	35.3	267.3	91.2	2.93	
2	35.6	296.1	101.0	2.93	
3	36.7	328.4	124.6	2.64	
4	38.1	276.8	98.6	2.81	
5	37.9	289.2	95.3	3.03	
6	39.2	278.9	92.6	3.01	
7	31.3	265.4	85.4	3.11	
8	40.8	288.3	95.9	3.01	
9	34.8	282.5	114.3	2.47	
10	35.9	302.6	103.7	2.92	
11	36.4	299.9	112.4	2.67	
12	36.8	282.8	107.6	2.63	
13	38.1	336.9	148.3	2.27	
14	37.4	269.5	109.0	2.47	
15	40.7	341.9	134.7	2.54	
$\bar{X}$	37.5	293.8	107.6	2.76	
$s_{\pm}$			17.25	0.25	
$v\%$			16.02	9.19	

Gr. M 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 450 ppm u. Mn 25 ppm

1	35.4	265.4	89.7	2.96	
2	35.6	236.9	83.0	2.85	
3	36.9	282.2	92.7	3.04	
4	37.4	242.8	78.6	3.09	
5	38.6	251.2	80.9	3.11	
6	31.0	251.5	84.6	2.97	
7	38.9	258.6	87.6	2.95	
8	40.5	250.3	77.2	3.24	
9	35.1	233.7	79.0	2.96	
10	36.3	275.1	117.8	2.33	
11	36.7	265.8	95.8	2.77	
12	36.1	223.3	82.3	2.71	
13	38.5	310.1	123.6	2.51	
14	37.9	264.8	103.0	2.57	
15	40.1	277.8	112.1	2.48	
$\bar{X}$	37.5	260.0	92.5	2.84	
$s_{\pm}$			14.99	0.27	
$v\%$			16.20	9.36	

Versuch IV Fortsetzung von Tabelle I

Gr. N 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 0 ppm u. Mn 0 ppm

Tier Nr.	Anfangs - gewicht g	Futterraufn. g	Zunahme g	Futter - verw. g	Geschl.
1	35.7	304.2	98.6	3.08	0
2	34.9	273.9	94.2	2.91	0
3	36.1	288.7	99.8	2.89	0
4	37.7	284.7	103.9	2.74	0
5	38.5	267.0	95.0	2.81	0
6	40.3	293.1	96.7	3.01	0
7	39.4	281.1	91.2	3.08	0
8	42.4	290.9	96.7	3.01	0
9	34.3	318.1	119.9	2.65	0
10	35.7	264.8	101.1	2.62	0
11	37.1	268.5	102.2	2.63	0
12	37.3	286.6	104.0	2.75	0
13	38.4	272.5	100.5	2.71	0
14	36.6	274.3	91.6	2.99	0
15	38.6	283.2	104.1	2.72	0
$\bar{X}$	37.53	283.4	99.97	2.84	
s±			-	-	
v%			-	-	

Gr. 0 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 50 ppm u. Mn 75 ppm

1	35.3	263.5	91.0	2.89	0
2	35.5	261.9	92.1	2.84	0
3	36.3	281.0	98.5	2.85	0
4	37.8	286.4	99.2	2.89	0
5	37.9	294.2	101.1	2.91	0
6	40.2	301.5	98.6	3.06	0
7	40.5	334.6	108.4	3.09	0
8	38.7	322.7	112.9	2.86	0
9	36.5	292.8	108.1	2.71	0
10	36.3	296.9	120.6	2.46	0
11	37.0	293.1	115.2	2.52	0
12	37.5	274.9	97.7	2.81	0
13	38.2	288.0	106.2	2.71	0
14	36.1	314.3	101.8	2.81	0
15	39.2	301.7	116.5	2.59	0
$\bar{X}$	37.5	293.8	105.3	2.80	
s±			8.94	0.18	
v%			8.55	6.35	

Fortsetzung von Tabelle 1

Gr. P 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 150 ppm u. Mn 75 ppm

Tier Nr.	Anfangs - gewicht g	Futteraufn. g	Zunahme g	Futter - verw. g	Geschl.
1	35.8	299.9	150.7	2.84	O O O O O O O O O O O O O O O
2	34.4	270.8	96.2	2.81	
3	36.7	291.4	96.9	3.01	
4	37.3	275.1	91.0	3.00	
5	38.7	326.1	116.3	2.80	
6	39.0	294.2	94.9	3.10	
7	41.1	268.7	80.1	3.35	
8	41.0	290.8	94.3	3.08	
9	35.0	277.9	88.3	3.15	
10	35.1	246.2	90.5	2.72	
11	37.4	297.4	107.5	2.77	
12	37.2	280.8	103.5	2.71	
13	37.3	313.8	119.0	2.64	
14	36.4	293.3	102.9	2.85	
15	39.7	291.3	109.8	2.65	
$\bar{X}$	37.5	287.7	99.8	2.90	
s $\pm$			10.75	0.26	
v%			10.77	9.14	

Gr. Q 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 450 ppm u. Mn 75 ppm

1	35.4	248.0	86.0	2.88	O O O O O O O O O O O O O O O
2	35.1	269.9	101.5	2.66	
3	36.7	283.9	95.4	2.97	
4	37.0	283.9	90.2	3.15	
5	38.8	259.5	87.9	2.95	
6	39.7	272.2	99.8	2.73	
7	40.6	269.5	86.0	3.13	
8	40.6	271.6	80.8	3.02	
9	35.1	240.9	85.6	2.81	
10	36.0	292.2	117.9	2.48	
11	37.7	246.6	90.4	2.73	
12	37.4	265.9	95.2	2.79	
13	37.2	294.3	109.6	2.69	
14	36.0	300.2	118.5	2.53	
15	39.7	304.3	122.9	2.47	
$\bar{X}$	37.5	273.5	98.4	2.80	
s $\pm$			12.89	0.22	
v%			13.10	7.78	

Fortsetzung von Tabelle 1

Versuch V

Gr. R 14 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 0 ppm u. Mn 0 ppm					
Anfangs -		Futterraufn. Zunahme		Futter -	
Tier Nr.	gewicht g	g	g	verw. g	Geschl.
1	36.9	110.9	40.0	2.77	♀
2	38.4	106.7	47.9	2.23	♀
3	37.2	92.0	41.2	2.23	♂
4	38.7	88.4	35.9	2.46	♂
5	39.3	118.1	49.0	2.41	♂
$\bar{X}$	38.1	103.2	42.8	2.42	
s±			5.53	0.22	
v%			12.93	9.16	

Gr. R 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 0 ppm u. Mn 0 ppm

6	34.3	287.4	104.3	2.76	♀
7	35.9	294.8	103.5	2.85	♀
8	38.3	272.9	107.6	2.54	♀
9	39.5	291.2	112.2	2.60	♀
10	40.3	294.4	120.0	2.45	♀
11	34.6	284.8	115.2	2.47	♂
12	35.5	229.8	90.5	2.54	♂
13	37.5	241.6	94.4	2.54	♂
14	38.5	292.6	120.0	2.44	♂
15	40.4	313.7	115.6	2.71	♂
$\bar{X}$	37.5	280.3	108.3	2.59	
s±			10.22	0.14	
v%			9.43	5.35	

Fortsetzung von Tabelle 1

Gr. S 14 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 150 ppm u. Mn 25 ppm

Tier Nr.	Anfangs - gewicht g	Futterraufn. g	Zunahme g	Futter - verw. g	Geschl.
1	36.6	87.5	36.4	2.40	♀
2	39.5	120.1	52.0	2.31	♀
3	37.3	108.2	50.3	2.15	♂
4	38.7	115.3	50.5	2.28	♂
5	39.3	104.0	45.9	2.27	♂
$\bar{X}$	38.1	107.0	47.0	2.28	
$s_{\pm}$			6.36	0.09	
$v\%$			13.52	3.94	

Gr. S 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 150 ppm u. Mn 25 ppm

6	34.8	309.6	108.5	2.85	♀
7	35.6	277.2	96.0	2.89	♀
8	38.6	290.0	97.1	2.99	♀
9	38.8	293.9	113.4	2.59	♀
10	40.6	295.1	108.9	2.71	♀
11	34.6	222.7	82.0	2.72	♂
12	35.5	250.0	101.4	2.46	♂
13	38.0	272.1	105.3	2.58	♂
14	38.1	299.2	100.7	2.97	♂
15	40.2	306.0	106.1	2.88	♂
$\bar{X}$	37.5	281.6	101.9	2.76	
$s_{\pm}$			8.88	0.18	
$v\%$			8.71	6.51	

Fortsetzung von Tabelle 1

Gr. T 14 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 150 ppm u. Mn 50 ppm

Tier Nr.	Anfangs gewicht g	- Futteraufn. g	Zunahme g	Futter - verw. g	Geschl.
1	37.0	101.4	42.8	2.37	♀
2	38.0	105.1	45.9	2.29	♀
3	37.5	112.1	48.0	2.34	♂
4	38.1	88.4	35.3	2.50	♂
5	39.8	116.1	49.0	2.37	♂
$\bar{X}$	38.1	104.6	44.2	2.37	
$s_{\pm}$			5.51	0.08	
$v\%$			12.47	3.27	

Gr. T 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 150 ppm u. Mn 50 ppm

6	34.2	300.0	108.3	2.77	♀
7	36.4	285.9	117.8	2.43	♀
8	38.1	301.8	104.3	2.89	♀
9	39.8	311.9	119.6	2.61	♀
10	40.1	286.9	100.6	2.85	♀
11	34.0	287.9	107.2	2.69	♂
12	35.5	278.9	116.6	2.39	♂
13	37.8	282.4	121.4	2.33	♂
14	38.5	277.1	116.4	2.38	♂
15	40.5	294.5	114.4	2.57	♂
$\bar{X}$	37.5	290.7	112.7	2.59	
$s_{\pm}$			7.06	0.21	
$v\%$			6.27	7.91	

Fortsetzung von Tabelle 1

Gr. U 14 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 150 ppm u. Mn 75 ppm

Tier Nr.	Anfangs - gewicht g	Futteraufn. g	Zunahme g	Futter - verw. g	Geschl.
1	37.2	85.9	25.5	3.37	♀
2	38.2	131.1	52.3	2.51	♀
3	36.7	114.8	47.3	2.43	♂
4	38.4	112.8	44.4	2.54	♂
5	39.9	125.7	55.5	2.26	♂
$\bar{X}$	38.1	114.1	45.0	2.62	
$s \pm$			11.72	0.43	
$v\%$			26.04	16.48	

Gr. U 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 150 ppm u. Mn 75 ppm

6	34.7	280.3	102.5	2.73	♀
7	35.4	295.9	108.1	2.74	♀
8	38.7	300.9	112.6	2.67	♀
9	39.1	260.3	92.9	2.80	♀
10	40.4	285.3	116.0	2.46	♀
11	34.9	281.6	110.4	2.55	♂
12	35.0	335.4	119.4	2.81	♂
13	37.6	309.1	117.2	2.64	♂
14	38.8	289.7	116.1	2.50	♂
15	40.2	320.0	131.7	2.43	♂
$\bar{X}$	37.5	295.9	112.7	2.63	
$s \pm$			10.39	0.14	
$v\%$			9.22	5.33	

Fortsetzung von Tabelle 1

Gr. V 14 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 150 ppm u. Mn 100 ppm

Tier Nr.	Anfangs - gewicht g	Futterraufn. g	Zunahme g	Futter - verw. g	Geschl.
1	37.8	106.6	47.8	2.23	♀
2	37.6	112.2	51.4	2.18	♀
3	37.7	88.8	35.6	2.49	♂
4	38.0	91.8	39.3	2.34	♂
5	39.3	95.3	36.2	2.63	♂
$\bar{X}$	38.1	98.9	42.1	2.37	
s±			7.14	0.19	
v%			16.97	7.84	

Gr. V 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 150 ppm u. Mn 100 ppm

6	34.4	271.0	97.5	2.78	♀
7	35.7	315.2	114.5	2.75	♀
8	38.7	288.8	110.5	2.61	♀
9	39.1	316.4	117.6	2.69	♀
10	40.4	307.4	114.5	2.68	♀
11	34.2	261.8	104.2	2.51	♂
12	35.6	269.8	107.2	2.52	♂
13	37.8	246.5	81.3	3.03	♂
14	38.3	249.2	100.5	2.48	♂
15	40.6	340.5	142.6	2.39	♂
$\bar{X}$	37.5	286.7	109.0	2.64	
s±			15.86	0.19	
v%			14.54	7.00	

Fortsetzung von Tabelle 1

Gr. W 14 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 150 ppm u. Mn 150 ppm

Tier Nr.	Anfangs- gewicht g	Futterraufn. g	Zunahme g	Futter - verw. g	Geschl.
1	37.3	114.8	31.0	3.70	♀
2	38.3	95.7	40.7	2.35	♀
3	36.9	91.2	36.2	2.52	♂
4	38.9	112.8	48.4	2.33	♂
5	39.0	118.0	50.0	2.36	♂
$\bar{X}$	38.1	106.5	41.3	2.65	
$s_{\pm}$			8.04	0.59	
v%			19.49	22.28	

Gr. W 28 Tage Versuchsd., Zusatz von Fe 150 ppm u. Mn 150 ppm

6	34.7	277.7	87.9	3.16	♀
7	35.2	278.5	101.8	2.74	♀
8	39.0	352.9	121.7	2.90	♀
9	39.6	326.0	115.0	2.83	♀
10	40.3	310.3	124.1	2.50	♀
11	34.4	283.7	112.2	2.53	♂
12	35.1	226.1	91.5	2.47	♂
13	37.6	298.3	121.1	2.46	♂
14	38.2	264.1	105.4	2.70	♂
15	40.7	299.1	114.0	2.62	♂
$\bar{X}$	37.5	293.7	109.5	2.69	
$s_{\pm}$			12.56	0.22	
v%			11.48	8.36	

Tabelle 2

Eisen- und Manganaufnahme, Ausscheidung und Bilanz von Versuch I-V
28 Tage Versuchsdauer

		Futter-	Fe-Auf-	Fe-Aus-	Mn-Auf-	Mn-Aus-	B i l a n z		
Gr.	Tier	aufnah.	nahme	scheid.	nahme	scheid.	Fe	Mn	
	Nr.	g	mg	mg	mg	mg	mg	mg	
I	A	2	293.6	13.969	8.168	3.961	2.745	5.801	
		6	303.7	14.450	9.011	4.097	2.941	5.439	
		13	293.5	13.965	8.751	3.959	2.014	5.214	
		$\overline{3x}$	296.9	14.128	8.643	4.006	2.567	5.485	
		12"	296.2	14.092	9.741	3.995	2.146	4.351	
	B	3	283.7	27.683	19.737	3.827	1.931	7.946	
		10	262.7	25.634	17.864	3.544	1.569	7.770	
		13	298.8	29.157	21.145	4.031	1.921	8.012	
		$\overline{3x}$	281.7	27.491	19.582	3.801	1.807	7.909	
		12"	290.1	28.308	19.686	3.913	2.187	8.617	
C		3	304.6	60.183	46.748	4.109	1.763	13.435	
		7	296.3	58.543	45.846	3.997	2.022	12.967	
		11	279.1	55.145	34.059	3.765	2.072	12.086	
		$\overline{3x}$	293.3	57.957	45.218	3.957	1.952	12.739	
		12"	283.9	56.093	42.215	3.830	2.186	13.878	
	D	5	273.6	136.138	105.239	3.691	1.960	30.899	
E		8	294.7	146.637	114.289	3.976	1.908	32.348	
		12	275.0	136.835	105.239	3.710	1.771	31.596	
		$\overline{3x}$	281.1	139.870	108.256	3.792	1.880	31.614	
		12"	271.3	134.993	101.819	3.660	1.788	33.174	
	F	1	294.2	13.998	6.934	11.324	8.428	7.064	
		6	301.4	14.341	7.319	11.601	8.499	7.022	
G		14	314.9	14.983	7.837	12.121	8.884	7.147	
		$\overline{3x}$	303.5	14.441	7.363	11.682	8.604	7.078	
		12"	288.6	13.733	8.453	11.109	7.116	5.280	
	H		1	284.1	13.517	7.090	25.140	19.680	6.427
			7	289.4	13.770	7.430	25.609	20.475	6.340
			15	296.9	14.127	8.876	26.273	20.262	5.251
		$\overline{3x}$	290.1	13.805	7.799	25.674	20.139	6.996	
I		12"	302.1	14.374	9.259	26.737	20.551	7.117	
	II		5	291.1	13.851	9.917	47.592	41.250	3.934
			8	327.1	15.563	10.832	53.478	46.252	4.731
			13	305.1	14.517	10.368	49.881	42.935	4.149
		$\overline{3x}$	307.8	14.644	10.372	50.317	43.479	4.272	
III		12"	290.7	13.829	11.303	47.518	39.802	2.526	

Fortsetzung von Tabelle 2

28 Tage Versuchsdauer

Gr.	Fier Nr.	Futter- aufnah. g	Fe-Au- nahme mg	Fe-Aus- scheid. mg	Mn Auf- nahme mg	Mn-Aus- scheid. mg	B i l a n z Fe mg	Mn mg
K	5	287.6	28.084	21.618	11.077	5.692	6.466	5.385
	8	305.3	29.791	22.673	11.751	6.915	7.118	4.836
	15	305.5	29.811	22.942	11.759	7.187	6.869	4.572
	$\bar{x}$	299.5	29.229	22.411	11.529	6.598	6.818	4.931
	12"	296.2	28.903	20.951	11.401	7.194	7.952	4.207
III L	2	296.1	58.503	43.115	11.397	5.828	15.388	5.569
	4	276.8	54.690	38.417	10.654	5.813	16.273	4.441
	8	288.5	56.962	39.363	11.097	5.971	17.599	5.126
	$\bar{x}$	287.2	56.718	40.298	11.049	5.871	16.420	5.179
	12"	295.4	58.364	42.302	11.370	7.028	16.063	4.342
M	1	265.4	132.058	97.732	10.215	7.481	34.326	2.734
	6	251.5	125.141	91.424	9.580	7.514	33.717	2.166
	11	265.8	132.257	97.658	10.231	6.956	34.599	3.275
	$\bar{x}$	260.9	129.819	95.605	10.042	7.317	34.214	2.725
	12"	258.9	128.823	97.964	9.965	6.450	30.859	3.515
O	4	286.4	27.947	14.333	25.344	19.591	13.414	5.753
	9	292.8	28.571	13.775	25.910	20.214	14.796	5.696
	12	274.9	26.825	13.720	24.326	19.139	13.105	5.187
	$\bar{x}$	284.7	27.781	14.009	25.193	19.648	13.772	5.545
	12"	296.1	28.893	17.634	26.202	29.880	11.259	6.322
IV P	5	326.1	63.431	40.037	28.857	23.462	24.394	5.395
	9	277.9	54.907	31.993	24.591	20.352	22.914	4.239
	11	297.4	58.760	35.035	26.317	21.261	23.725	5.056
	$\bar{x}$	300.5	59.366	35.688	26.588	21.692	23.678	4.897
	12"	284.5	56.212	33.658	25.175	19.714	22.554	5.483
Q	6	272.2	135.441	94.372	24.087	19.657	14.069	4.430
	11	246.6	122.703	82.193	21.822	18.042	40.510	3.780
	15	304.3	151.417	107.69	26.928	21.522	45.718	5.376
	$\bar{x}$	274.4	136.520	94.755	24.279	19.750	41.766	4.529
	12"	273.3	135.989	97.002	24.184	19.083	38.987	5.101

Fortsetzung von Tabelle 2

Versuch V

Gr. R 14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	Futter- verzehr mg	Fe-Auf- nahme mg	Fe-Aus- scheidg. mg	Mn-Auf- nahme mg	Mn-Aus- scheidg. mg	Bilanz	
						Fe mg	Mn mg
1	110.90	5.279	4.378	1.497	1.456	0.901	0.041
2	106.70	5.079	4.538	1.440	1.269	0.541	0.171
3	92.00	4.379	2.947	1.242	1.174	1.432	0.068
4	88.40	4.208	3.378	1.193	1.094	0.830	0.099
5	118.10	5.622	4.924	1.594	1.224	0.698	0.370
$\bar{X}$	103.2	4.913	4.033	1.393	1.243	0.880	0.150
$S \pm$						0.338	0.132
$V\%$						38.34	88.34

Gr. R 28 Tage Versuchsdauer

6	287.4	13.680	9.032	4.880	2.280	4.648	1.600
7	294.8	14.032	10.866	3.980	1.362	3.166	2.618
8	272.9	12.990	8.767	4.648	2.925	4.223	0.759
9	291.2	13.861	10.049	3.931	2.886	3.812	1.045
10	294.4	14.013	10.885	3.974	2.858	3.128	1.116
11	284.8	13.556	9.626	4.845	2.991	3.930	0.854
12	229.8	10.938	6.064	3.102	1.964	4.874	1.138
13	241.6	11.500	7.058	4.262	2.004	4.442	1.258
14	292.6	13.928	9.399	3.950	2.344	4.529	1.606
15	313.7	14.932	10.949	4.235	3.640	3.983	0.595
$\bar{X}$	280.3	13.343	9.270	3.784	2.525	4.073	1.259
$S \pm$						0.592	0.579
$V\%$						14.53	46.01

Fortsetzung von Tabelle 2

Gr. S 14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	Futter- verzehr mg	Fe-Auf- nahme mg	Fe-Aus- scheidung. mg	Mn-Auf- nahme mg	Mn-Aus- scheidung. mg	Bilanz Fe mg	Mn mg
1	87.5	13.939	13.939	3.369	2.456	3.351	0.913
2	120.1	23.732	18.490	4.624	3.887	5.242	0.737
3	108.2	21.380	20.485	4.166	3.852	0.895	0.314
4	115.3	22.783	19.888	4.439	4.146	2.895	0.293
5	104.0	20.550	19.284	4.004	3.859	1.266	0.145
$\bar{X}$	107.0	21.147	18.417	4.120	3.640	2.730	0.480
$s \pm$						1.75	0.327
$v\%$						64.06	68.11

Gr. S 28 Tage Versuchsdauer

6	309.6	61.177	55.774	11.920	5.633	5.403	6.287
7	277.2	54.775	48.138	10.672	5.199	6.637	5.473
8	290.0	57.304	51.481	11.165	7.912	5.823	3.253
9	293.9	58.075	51.203	11.315	5.394	6.872	5.921
10	295.1	58.312	53.891	11.361	6.705	4.421	4.656
11	222.7	44.006	37.590	8.574	3.591	6.416	4.983
12	250.0	49.400	43.937	9.625	4.001	5.463	5.624
13	272.1	53.767	49.134	10.476	4.824	4.623	5.652
14	299.2	59.122	54.908	11.519	6.334	4.214	5.185
15	306.0	60.466	56.368	11.781	5.064	4.098	6.717
$\bar{X}$	281.6	55.640	50.243	10.841	5.467	5.397	5.375
$s \pm$						1.03	0.960
$v\%$						19.11	17.85

Fortsetzung von Tabelle 2

Gr. T 14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	Futter- verzehr mg	Fe-Auf- nahme mg	Fe-Aus- scheidung. mg	Mn-Auf- nahme mg	Mn-Aus- scheidung. mg	Bilanz	
						Fe mg	Mn mg
1	101.4	20.036	14.718	6.438	5.305	5.318	1.134
2	105.1	20.767	15.767	6.673	5.553	5.000	1.120
3	112.1	22.150	14.399	7.118	5.483	7.751	1.635
4	88.4	17.467	14.429	5.613	4.413	3.038	1.200
5	116.1	22.941	18.102	7.372	5.643	4.839	1.729
$\bar{X}$	104.6	20.672	15.483	6.643	5.279	5.189	1.364
$s \pm$						1.69	0.294
$v\%$						32.48	21.57

Gr. T 28 Tage Versuchsdauer

6	300.0	59.280	45.380	19.050	11.619	13.900	7.431
7	285.9	56.494	48.908	18.155	11.745	7.586	6.410
8	301.8	59.637	48.654	19.164	12.105	10.983	7.059
9	311.9	61.631	55.430	19.806	14.032	6.201	5.774
10	286.9	56.691	47.046	18.218	12.843	9.645	5.375
11	287.9	56.889	51.345	18.282	12.148	5.544	6.134
12	278.9	55.111	45.870	17.710	12.858	9.241	4.852
13	282.4	55.802	47.883	17.932	12.432	7.919	5.500
14	277.1	54.755	45.126	17.596	10.914	9.629	6.682
15	294.5	58.193	47.117	18.701	13.226	11.976	5.475
$\bar{X}$	290.7	57.448	48.276	18.461	12.392	9.172	6.069
$s \pm$						2.49	0.820
$v\%$						27.14	13.52

Fortsetzung von Tabelle 2

Gr. U 14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	Futter- verzehr mg	Fe-Auf- nahme mg	Fe-Aus- scheidung. mg	Mn-Auf- nahme mg	Mn-Aus- scheidung. mg	Bilanz	
						Fe mg	Mn mg
1	85.9	16.973	12.853	7.774	3.643	4.120	4.131
2	131.1	25.905	20.312	11.865	8.443	5.593	3.432
3	114.8	22.684	17.894	10.389	7.281	4.790	3.108
4	112.8	22.289	15.671	10.208	6.571	6.618	3.637
5	125.7	24.838	16.736	11.376	7.295	8.102	4.081
$\bar{X}$	114.1	22.538	16.693	10.322	6.647	5.845	3.676
S $\pm$						1.57	0.437
v%						26.84	11.81

Gr. U 28 Tage Versuchsdauer

6	280.3	55.367	45.190	24.807	16.928	10.197	7.879
7	295.9	58.470	46.401	26.187	16.503	12.069	9.684
8	300.9	59.458	50.099	26.630	16.478	9.359	10.152
9	260.3	51.435	41.352	23.037	17.562	10.083	5.475
10	285.3	56.375	46.629	25.249	20.112	9.746	5.137
11	281.6	55.644	44.490	24.922	17.219	11.154	7.703
12	335.4	66.275	53.925	29.683	23.484	12.350	6.199
13	309.1	61.078	45.812	27.355	18.452	15.266	8.903
14	289.7	57.245	50.981	25.638	20.321	6.264	5.317
15	320.0	63.232	49.756	28.320	22.047	13.476	6.273
$\bar{X}$	295.9	58.460	47.464	26.183	18.911	10.996	7.272
S $\pm$						2.48	1.86
v%						22.58	25.56

Fortsetzung von Tabelle 2

Gr. V 14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	Futter- verzehr mg	Fe-Auf- nahme mg	Fe-Aus- scheidg. mg	Mn-Auf- nahme mg	Mn-Aus- scheidg. mg	Bilanz	
						Fe mg	Mn mg
1	106.6	21.064	17.289	12.099	11.552	3.775	0.547
2	112.2	22.170	17.317	12.735	12.121	4.853	0.614
3	88.8	17.547	14.439	10.079	9.585	3.108	0.494
4	91.8	18.140	14.447	10.419	9.871	3.693	0.548
5	95.3	18.831	16.101	10.817	10.273	2.730	0.544
$\bar{X}$	98.9	19.550	15.919	11.230	10.680	3.632	0.549
$s \pm$						0.807	0.043
$v\%$						22.21	7.76

Gr. V 28 Tage Versuchsdauer

6	271.0	53.550	45.908	30.759	25.145	7.642	5.614
7	315.2	62.284	56.647	35.775	31.123	6.637	4.652
8	288.8	57.067	49.125	32.779	27.583	7.942	5.196
9	316.4	62.521	57.155	35.911	31.385	5.366	4.526
10	307.4	60.742	53.161	34.890	31.639	7.581	3.251
11	261.8	51.732	46.279	29.714	25.065	5.453	4.649
12	269.8	53.312	46.363	30.622	25.530	6.949	5.092
13	246.5	48.708	43.120	27.978	23.672	5.588	4.306
14	249.2	49.242	43.245	28.284	24.824	5.997	3.460
15	340.5	67.283	59.860	38.647	35.396	7.423	3.251
$\bar{X}$	286.7	56.644	50.086	32.536	28.136	6.657	4.400
$s \pm$						0.991	0.834
$v\%$						14.89	18.96

Fortsetzung von Tabelle 2

Gr. W 14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	Futter- verzehr mg	Fe-Auf- nahme mg	Fe-Aus- scheidung. mg	Mn-Auf- nahme mg	Mn-Aus- scheidung. mg	Bilanz	
						Fe mg	Mn mg
1	114.8	22.684	13.518	18.770	17.518	4.166	1.252
2	95.7	18.910	14.970	15.647	15.606	3.940	0.041
3	91.2	18.021	14.647	14.911	14.587	3.374	0.324
4	112.8	22.289	19.164	18.443	17.720	3.125	0.723
5	118.0	23.317	20.080	19.293	19.139	3.237	0.154
$\bar{X}$	106.5	21.044	17.476	17.276	16.914	3.568	0.499
$s_{\pm}$						0.458	0.494
$v\%$						12.84	99.06

Gr. W 28 Tage Versuchsdauer

6	277.7	54.874	47.473	45.404	42.162	7.401	3.242
7	278.5	55.032	49.485	45.535	41.295	5.547	4.240
8	352.9	69.698	65.104	57.699	54.559	4.594	3.140
9	426.0	64.418	58.149	53.301	47.478	6.269	5.823
10	310.3	61.315	55.755	50.734	47.085	5.560	3.649
11	283.7	56.059	49.249	46.385	42.869	6.810	3.516
12	226.1	44.677	38.223	36.967	32.251	6.454	4.716
13	298.3	58.944	53.076	48.772	44.736	5.868	4.036
14	284.1	56.138	48.135	46.450	42.837	7.953	3.613
15	299.1	59.102	53.265	48.903	44.422	5.837	4.481
$\bar{X}$	293.7	58.026	51.796	48.015	43.969	6.229	4.046
$s_{\pm}$						0.978	0.812
$v\%$						15.70	20.06

Tabelle 3

Gehalt an Eisen- und Mangan-Konzentrationen in LEBER

Versuch I - V
28 Tage Versuchsdauer

Gr.	Tier Nr.	Gewicht g	Ges.Fe mcg	Fe mcg g/TS	Ges.Mn mcg	Mn mcg g/TS
I	A 2	3.5115	177.780	165.024	1.7855	1.6574
	5	4.5707	228.029	181.595	1.7855	1.4219
	14	4.0671	170.717	146.841	1.7855	1.5368
	$\bar{3x}$	3,9898	192.175	164.487	1.7855	1.5384
	12"	4.8409	249.733	176.323	2.4530	1.7320
	B 3	5.3367	586.115	382.751	2.6785	1.7491
	10	4.6877	496.086	370.601	1.7855	1.3339
	13	4.8394	499.754	376.860	1.7855	1.3464
	$\bar{3x}$	4.9546	527.318	376.737	2.0832	1.4765
	12"	5.6853	656.717	394.796	2.7660	1.6630
	C 3	6.2465	963.895	516.474	3.5715	1.9137
	7	6.7868	985.131	532.300	3.5715	1.9297
II	11	6.1995	811.227	506.226	3.5715	2.2287
	$\bar{3x}$	6.4109	920.101	518.333	3.5715	2.0240
	12"	7.1808	1075.667	548.251	3.6960	1.8840
	D 5.	6.587	978.678	526.058	3.5715	1.9197
	8	5.1302	822.230	547.788	2.6785	1.7845
	12	5.3441	865.138	553.299	2.6785	1.7130
	$\bar{3x}$	5.6110	888.682	542.382	2.9763	1.7724
	12"	4.9591	824.292	568.117	2.7700	1.9090
	F 1	4.5946	233.335	178.814	2.6785	2.0526
	6	4.6399	221.572	154.341	2.6785	1.8685
	14	3.9914	201.340	181.764	1.7855	1.6119
	$\bar{3x}$	4.4806	218.749	171.640	2.3808	1.8434
	12"	4.5524	246.108	184.780	2.5920	1.9460
II	G 1	6.5140	641.670	338.077	5.3570	2.8224
	7	5.1675	507.676	356.614	4.4645	3.1361
	15	5.3637	482.563	329.125	4.4645	3.0449
	$\bar{3x}$	5.6817	543.970	341.272	4.7620	3.0011
	12"	6.8175	680.408	365.272	6.5590	3.5210
	H 5	4.9047	305.560	199.075	7.1430	4.6537
	8	5.4262	270.031	174.688	7.1430	4.6252
	13	4.6824	322.274	239.734	7.1430	5.3135
	$\bar{3x}$	5.0044	299.288	204.559	7.1430	4.8643
	12"	5.1773	323.225	213.383	8.7460	5.7740

Fortsetzung von Tabelle 3

28 Tage Versuchsdauer

Gr.	Tier Nr.	Gewicht g	Ges.Fe mcg	Fe mcg g/TS	Ges.Mn mcg	Mn mcg g/TS
III	K	5	4.7223	522.225	377.876	2.6735
		8	5.6169	632.717	385.005	3.5715
		15	5.6823	683.844	411.335	3.5715
		$\bar{3x}$	5.3405	612.929	391.405	3.2738
		12"	5.7004	698.881	451.153	3.9520
						2.0865
III	L	2	5.5606	798.620	525.650	5.3570
		4	6.2982	928.650	539.667	5.3570
		8	5.4655	776.741	520.151	4.4645
		$\bar{3x}$	5.7748	834.673	528.489	5.0595
		12"	7.5666	1244.767	602.112	7.5250
						3.6400
III	M	1	3.7465	690.427	629.837	5.3570
		6	4.2655	762.505	610.982	6.2500
		11	4.4328	786.947	606.744	6.2500
		$\bar{3x}$	4.1483	746.626	615.854	5.9523
		12"	4.8577	905.308	636.980	7.5530
						4.8869
IV	O	4	4.8326	498.893	352.849	4.4645
		9	5.2443	492.710	321.104	5.3570
		12	4.7334	477.780	344.992	4.4645
		$\bar{3x}$	4.9361	489.794	339.648	4.7620
		12"	5.9497	617.008	354.452	7.1860
						3.2909
IV	P	5	8.0379	921.005	419.363	5.3570
		9	6.0900	747.634	449.299	4.4645
		11	5.9181	537.505	425.173	4.4645
		$\bar{3x}$	5.5820	785.381	431.278	4.7620
		12"	6.9271	891.292	470.941	6.2440
						2.6277
IV	Q	6	5.7715	826.757	489.582	4.4645
		11	5.3882	673.545	427.241	4.4645
		15	6.2061	811.110	446.697	5.3570
		$\bar{3x}$	5.7887	770.471	454.507	4.7620
		12"	5.5899	780.375	486.257	5.5160
						2.8319

Fortsetzung von Tabelle 3

Versuch V

Gr. R 14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	Gewicht g	Ges.Fe mcg	Fe mcg g/TS	Ges.Mn mcg	Mn mcg g/TS
1	2.8558	141.719	187.707	1.471	1.948
2	3.4992	165.510	178.930	2.943	3.182
3	3.0305	131.372	163.990	1.471	1.836
4	2.5549	103.443	153.159	1.471	2.178
5	3.1414	155.855	187.664	2.943	3.544
$\bar{X}$	3.0164	139.580	174.290	2.060	2.538
s $\pm$	0.349		15.27		0.774
v%	11.58		8.76		30.51

Gr. R 28 Tage Versuchsdauer

6	5.2443	275.165	185.010	2.943	1.979
7	5.2350	235.167	158.394	4.414	2.973
8	4.3735	232.408	187.365	1.471	1.186
9	6.5185	306.888	166.002	4.414	2.388
10	5.1476	254.823	174.548	4.414	3.023
11	5.6635	273.496	170.275	4.414	2.748
12	4.5104	237.925	185.995	2.943	2.301
13	4.9327	205.510	146.898	2.943	2.104
14	6.9824	267.544	135.103	4.414	2.229
15	6.6974	302.060	159.029	4.414	2.324
$\bar{X}$	5.5310	259.099	166.862	3.678	2.326
s $\pm$	0.914		17.41		0.534
v%	16.52		10.43		22.96

Fortsetzung von Tabelle 3

Gr. S 14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	Gewicht g	Ges.Fe mcg	Fe mcg g/TS	Ges. Mn mcg	Mn mcg g/TS
1	3.3145	171.718	195.980	2.943	3.359
2	3.7989	241.369	240.336	2.943	2.930
3	4.1600	255.163	232.030	4.414	4.014
4	3.6900	248.265	254.500	2.943	3.017
5	3.3065	215.162	246.153	2.943	3.367
$\bar{X}$	3.6540	226.335	233.800	3.237	3.337
$s_{\pm}$	0.359		22.68		0.427
$v\%$	9.31		9.70		12.78

Gr. S 28 Tage Versuchsdauer

6	5.4736	502.047	323.401	4.414	2.843
7	5.6401	432.400	270.318	4.414	2.759
8	5.3036	413.775	275.098	4.414	2.935
9	6.8450	496.530	255.772	5.886	3.032
10	4.6737	370.672	279.647	4.414	3.330
11	4.7041	308.258	231.061	4.414	3.309
12	4.3260	300.779	245.154	4.414	3.598
13	6.9220	441.468	224.883	5.886	2.998
14	5.5819	480.115	303.275	4.414	2.788
15	5.5685	475.842	301.299	4.414	2.294
$\bar{X}$	5.5039	422.189	270.991	4.708	2.989
$s_{\pm}$	0.856		32.35		0.364
$v\%$	15.55		11.94		12.18

Fortsetzung von Tabelle 3

Gr. T 14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	Gewicht g	Ges.Fe mcg	Fe mcg g/TS	Ges.Mn mcg	Mn mcg g/TS
1	3.4102	303.435	336.589	5.886	6.529
2	3.5387	301.718	322.520	5.886	6.292
3	2.9809	295.160	374.568	4.414	5.602
4	2.8302	245.260	328.130	4.414	5.899
5	3.1388	255.162	307.498	5.886	7.093
$\bar{X}$	3.1798	280.147	333.861	5.297	6.283
s $\pm$	0.094		25.10		0.576
v%	9.24		7.52		9.17

Gr. T 28 Tage Versuchsdauer

6	5.4482	441.707	285.857	10.300	6.666
7	5.9179	402.056	239.547	10.300	6.137
8	4.7697	444.128	328.327	8.829	6.530
9	5.7625	524.881	321.166	10.300	6.302
10	6.6690	477.915	252.678	11.772	6.224
11	6.4884	504.802	274.319	11.772	6.397
12	5.5471	409.371	260.215	10.300	6.547
13	6.2714	496.530	279.169	11.772	6.619
14	5.2870	413.775	275.960	10.300	6.869
15	4.8347	384.117	280.132	8.829	6.439
$\bar{X}$	5.6996	449.928	279.737	10.447	6.473
s $\pm$	0.651		27.66		0.220
v%	11.42		9.89		3.40

Fortsetzung von Tabelle 1

Gr. U 14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	Gewicht g	Ges.Fe mcg	Fe mcg g/TS	Ges.Mn mcg	Mn mcg g/TS
1	2.2782	151.718	251.897	4.414	7.329
2	3.9323	342.046	329.049	7.357	7.077
3	4.1704	379.303	344.039	8.829	8.003
4	3.1252	234.473	283.797	5.886	7.124
5	2.5586	193.095	285.475	4.414	6.526
$\bar{X}$	3.2129	260.127	298.850	6.180	7.213
s±	0.828		37.30		0.535
v%	25.78		12.48		7.41

Gr. U 28 Tage Versuchsdauer

6	5.4385	389.643	252.621	13.243	8.586
7	5.3645	286.199	188.116	13.242	8.704
8	5.2117	374.471	253.346	11.772	7.964
9	4.5672	295.854	228.406	10.300	7.952
10	5.0736	390.328	271.268	11.772	8.181
11	4.5876	239.990	184.465	10.300	7.917
12	5.8008	376.883	229.080	13.243	8.049
13	6.9713	437.226	241.308	14.715	7.443
14	5.4125	395.845	257.880	13.243	8.627
15	6.3887	386.190	213.141	13.243	7.309
$\bar{X}$	5.4816	357.263	231.963	12.507	8.073
s±	0.748		29.33		0.473
v%	13.65		12.64		5.86

Fortsetzung von Tabelle 3

Gr. v 14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	Gewicht g	Ges.Fe mcg	Fe mcg g/TS	Ges.Mn mcg	Mn mcg g/TS
1	3.4363	227.924	250.907	5.886	6.480
2	3.8244	256.541	253.749	5.886	5.822
3	2.2835	134.823	223.329	4.414	7.312
4	2.9363	176.201	227.005	5.886	7.583
5	2.5045	136.893	206.756	4.414	6.667
$\bar{X}$	2.9970	186.476	232.349	5.297	6.773
$s_{\pm}$	0.639		19.79		0.698
$v\%$	21.23		8.52		10.30

Gr. v 28 Tage Versuchsdauer

6	4.6534	302.056	228.865	10.300	7.804
7	5.6156	391.707	245.954	11.772	7.392
8	4.7575	266.187	197.278	10.300	7.634
9	4.7707	285.835	211.260	10.300	7.613
10	4.1684	215.502	182.289	10.300	8.713
11	4.3520	277.228	224.603	10.300	8.345
12	4.8232	337.917	247.033	10.300	7.530
13	4.0875	333.772	243.772	8.829	6.448
14	4.1362	282.747	241.025	8.829	7.526
15	6.3620	385.496	213.654	13.243	7.340
$\bar{X}$	4.7727	307.845	223.573	10.447	7.635
$s_{\pm}$	0.720		21.87		0.603
$v\%$	15.09		9.80		7.90

Fortsetzung von Tabelle 5

Gr. W 14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	Gewicht g	Ges.Fe mcg	Fe mcg g/TS	Ges.Mn mcg	Mn mcg g/TS
1	3.4872	171.027	185.516	4.414	4.788
2	2.7788	157.235	214.041	2.943	4.006
3	2.7641	118.616	162.331	2.943	4.028
4	3.9464	218.614	209.541	5.886	5.642
5	3.8355	207.580	204.734	5.886	5.805
$\bar{X}$	3.3624	174.614	195.233	4.414	4.854
s $\pm$	0.565		21.36		0.856
v%	16.82		10.94		17.64

Gr. W 28 Tage Versuchsdauer

6	4.5262	286.085	222.860	8.829	6.878
7	5.4424	316.806	205.252	10.300	6.673
8	5.1352	306.532	210.472	10.300	7.072
9	4.6633	309.629	234.106	8.829	6.675
10	6.2852	341.012	191.311	11.772	6.604
11	4.0948	253.087	217.934	8.829	7.603
12	3.1427	188.265	211.225	7.357	8.254
13	4.9885	253.087	182.419	8.829	6.240
14	4.2211	240.795	201.149	8.829	7.375
15	4.3033	225.156	184.478	8.829	7.234
$\bar{X}$	4.6803	272.045	206.121	9.270	7.061
s $\pm$	0.853		16.74		0.583
v%	18.22		8.12		8.26

Tabelle 4

Gehalt an Fe- und Mangan-Konzentrationen in NIERE

Versuch I - V

23 Tage Versuchsdauer

Gr.	Tier Nr.	Gewicht g	Ges.Fe mcg	Fe mcg g/TS	Ges.Mn mcg	Mn mcg g/TS
I	A 2	0.9852	43.407	274.395	0.8939	3.5878
	6	0.9681	41.665	165.491	0.8930	3.5907
	14	0.9828	37.482	159.838	0.8930	3.8081
	3 $\bar{x}$	0.9787	40.851	166.575	0.8930	3.6622
	12"	1.1523	52.525	184.396	1.3800	4.8460
	B 3	1.0382	66.665	250.150	1.7855	6.6998
	10	0.9892	57.565	227.350	1.7855	7.0517
	13	1.0765	71.248	264.273	1.7855	6.6228
	3 $\bar{x}$	1.0346	65.159	247.258	1.7855	6.7914
	12"	0.9822	69.600	275.546	2.2460	8.8900
	C 3	1.1360	124.088	467.375	1.7855	6.7363
	7	1.2231	123.491	431.938	1.7855	6.2452
II	11	0.7975	84.352	452.532	0.8930	4.7908
	3 $\bar{x}$	1.0522	110.644	450.615	1.4880	5.9241
	12"	1.2418	161.542	530.940	2.4310	7.9910
	D 5	1.3097	107.947	361.027	2.6785	8.9582
	8	1.1649	97.458	338.513	2.6785	9.3036
	12	1.1305	112.400	348.420	2.6780	8.3029
	3 $\bar{x}$	1.2266	105.935	349.320	2.6784	8.8549
	12"	0.9425	89.560	369.547	2.5310	10.4460
	F 1	0.9902	45.363	197.660	1.7855	7.7800
	6	0.7897	36.232	177.259	0.8930	4.3689
	14	0.9632	42.157	181.790	1.7855	7.6994
	3 $\bar{x}$	0.9144	41.086	185.570	1.4880	6.6161
	12"	1.0687	53.825	203.768	1.8980	7.1840
II	G 1	1.4024	90.280	317.440	3.5715	9.9651
	7	1.1295	96.313	338.653	2.6785	9.4181
	15	1.0965	83.999	311.916	2.6785	9.9462
	3 $\bar{x}$	1.2095	90.197	322.670	2.9726	9.7765
	12"	1.3439	123.742	375.825	4.126	12.5300
	H 5	1.0318	75.535	220.272	2.6785	10.2546
	8	1.0838	56.382	211.962	2.6785	10.0695
	13	1.0295	69.282	265.958	2.6785	10.2821
	3 $\bar{x}$	1.0484	61.066	232.731	2.6785	10.2021
	12"	1.0781	64.350	241.547	3.5540	13.3410

Fortsetzung von Tabelle 4

28 Tage Versuchsdauer

	Gr.	Tier Nr.	Gewicht g	Ges.Fe mcg	Fe mcg g/TS	Ges.Mn mcg	Mn mcg g/TS
III	K	5	1.0069	48.692	195.629	1.7855	7.1736
		8	1.1082	58.041	211.906	1.7855	6.5188
		15	1.5200	77.570	206.468	2.6785	7.1294
	L	$\overline{3x}$	1.2117	61.434	204.668	2.0832	6.9406
		12"	1.0075	66.608	267.491	2.0010	8.0340
		2	1.2006	126.061	428.487	1.7855	6.0690
		4	1.2837	143.654	456.769	2.6785	8.5167
		8	1.1814	129.129	466.041	1.7855	6.1675
		$\overline{3x}$	1.2219	132.948	450.432	2.0832	6.9177
	M	12"	1.1065	119.942	481.545	1.9120	7.6750
		1	1.0853	75.487	281.459	1.7855	6.6573
		6	1.0873	72.225	268.794	1.7855	6.6450
11		1.4359	93.707	264.187	2.6785	7.5515	
$\overline{3x}$		1.2026	80.474	271.480	2.0832	6.9513	
12"		0.9907	74.067	302.502	1.7920	7.3190	
IV	O	4	1.2047	57.272	194.011	2.6785	9.0735
		9	1.1950	53.576	182.978	2.6785	9.1479
		12	1.2541	74.171	245.274	3.5715	11.8105
	P	$\overline{3x}$	1.2113	61.673	207.421	2.9762	10.0106
		12"	1.0984	59.225	218.144	3.4200	12.5960
		5	1.0741	127.717	481.043	2.6785	10.0855
		9	1.1354	128.300	457.234	2.6785	9.5456
		11	1.1582	139.504	487.265	2.6785	9.3556
		$\overline{3x}$	1.1266	131.840	475.181	2.6785	9.6632
	Q	12"	1.1213	149.450	543.940	2.9780	10.8390
		6	1.2320	86.852	285.163	3.5715	11.7291
		11	1.0773	89.993	337.928	2.6785	10.0582
15		1.3025	97.220	302.019	3.5715	11.0951	
$\overline{3x}$		1.2040	91.348	308.373	3.2738	10.9608	
12"		0.9986	90.858	368.097	3.0350	12.2970	

Versuch V

Fortsetzung von Tabelle 4

14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	G r u p p e		R Mn mcg g/TS	G r u p p e S		Mn mcg g/TS
	Gewicht g	Fe mcg g/TS		Gewicht g	Fe mcg g/TS	
1	1.1013	278.31	5.708	0.8509	316.94	7.388
2	0.9837	251.64	6.390	0.9462	367.56	6.644
3	0.9222	244.46	6.816	1.0872	319.88	11.568
4	0.9495	250.61	6.620	1.1098	303.26	11.332
5	1.0021	238.20	6.273	1.1927	311.34	10.545
$\bar{X}$	0.9918	262.64	6.361	1.0374	323.80	9.495
s+	0.069	19.33	0.421	0.137	25.27	2.310
v%	0.91	7.36	6.62	13.19	7.80	24.33

28 Tage Versuchsdauer

6	1.0308	212.37	6.292	1.1683	318.91	11.110
7	1.1704	235.16	5.543	1.1360	262.35	11.325
8	1.1992	207.98	5.410	1.1035	277.00	11.763
9	1.4209	231.06	9.134	1.3548	308.67	9.580
10	1.2220	246.39	5.309	1.0204	314.41	12.718
11	1.2568	229.28	10.326	1.1025	242.06	11.772
12	1.2950	184.32	10.020	1.2110	275.00	10.717
13	1.1857	197.48	5.470	1.2138	292.69	10.694
14	1.1624	222.38	5.580	1.1077	322.58	11.216
15	1.1920	247.36	5.442	1.1570	357.43	11.216
$\bar{X}$	1.2135	221.38	6.853	1.1575	297.11	11.271
s+	0.100	20.69	0.209	0.102	33.91	0.824
v%	8.28	9.35	30.49	8.71	11.41	7.35

Fortsetzung von Tabelle 4

14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	G r u p p e T			G r u p p e U		
	Gewicht g	Fe mcg g/TS	Mn mcg g/TS	Gewicht g	Fe mcg g/TS	Mn mcg g/TS
1	1.0091	391.402	12.465	0.7757	360.970	16.215
2	1.0250	403.300	12.295	0.8543	410.540	14.722
5	1.0368	488.928	12.131	1.1165	381.634	11.263
4	0.8259	356.756	7.690	1.0518	376.343	11.959
5	0.9545	450.703	14.722	0.8600	378.748	14.627
$\bar{X}$	0.9697	418.218	11.860	0.9317	381.647	13.757
s $\pm$	0.086	51.90	2.559	0.145	18.02	2.07
V%	8.90	12.41	21.58	15.56	4.72	15.07

28 Tage Versuchsdauer

5	1.1835	361.391	10.636	1.1045	294.583	11.749
7	1.2181	311.268	15.504	1.2145	312.397	16.028
8	1.0829	358.305	11.628	1.2260	334.284	15.878
9	1.2914	367.652	14.616	1.1226	346.724	11.559
10	1.1935	322.570	10.548	1.1595	353.484	11.194
11	1.1270	319.722	11.514	1.1969	363.368	10.844
12	1.2945	337.182	10.027	1.3311	367.896	14.626
13	1.3767	356.509	14.674	1.3441	352.959	14.482
14	1.2507	313.692	10.377	1.4200	374.441	14.708
15	1.2553	360.924	10.337	1.4249	369.898	13.661
$\bar{X}$	1.2224	340.922	11.916	1.2544	347.003	13.373
s $\pm$	0.077	22.36	2.11	0.118	26.17	1.93
V%	6.52	6.56	17.57	9.39	7.54	14.40

Fortsetzung von Tabelle 4
14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	G r u p p e V			G r u p p e W		
	Gewicht g	Fe mcg g/TS	Mn mcg g/TS	Gewicht g	Fe mcg g/TS	Mn mcg g/TS
1	0.9616	321.974	13.086	0.9534	298.297	6.593
2	1.0820	328.466	11.632	0.8788	292.325	7.155
3	0.9003	333.859	13.968	0.9094	281.950	6.913
4	1.0081	280.644	12.476	0.9800	264.662	12.835
5	0.9298	289.991	13.525	1.0886	283.717	11.555
$\bar{X}$	0.9764	310.987	12.937	0.9620	285.390	9.010
s $\pm$	0.071	24.04	0.919	0.081	12.99	2.95
v%	7.30	7.75	7.07	8.40	4.55	32.73

28 Tage Versuchsdauer

6	0.9105	300.567	14.252	0.8905	269.837	7.286
7	1.1775	256.345	11.022	1.1969	238.847	10.844
8	1.1667	272.354	11.122	1.0930	230.891	5.934
9	1.1184	276.550	11.605	1.1666	275.066	11.127
10	1.1019	251.120	11.777	1.3202	276.403	9.830
11	0.9897	283.241	13.138	1.1383	257.838	11.403
12	1.2000	288.673	10.816	1.1385	253.754	11.398
13	0.8992	290.020	7.214	1.2863	276.016	10.089
14	1.2052	296.491	10.768	1.1104	277.986	11.688
15	1.4988	308.394	8.658	1.1389	261.642	11.394
$\bar{X}$	1.1266	282.375	11.037	1.1480	261.826	10.099
s $\pm$	0.174	18.54	2.00	0.117	16.60	1.96
v%	15.45	6.57	18.13	10.16	6.34	19.40

Tabelle 5

Versuch I Erythrozyten- und Leukozytenzahlen

28 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	G r. A		G r. B		G r. D	
	Erythro- cyten	Leuko - cyten	Erythro- cyten	Leuko - cyten	Erythro- cyten	Leuko - cyten
	Mill./ μ l	1000/ μ l	Mill./ μ l	1000/ μ l	Mill./ μ l	1000/ μ l
1	5.7533	15.539	7.4448	13.541	6.9140	10.076
2	7.4849	16.744	7.7734	12.108	7.3390	10.695
3	6.7913	15.131	8.7451	13.011	7.0691	10.302
4	5.6835	17.449	8.0411	15.246	6.5915	9.314
5	6.8238	16.169	7.5184	15.510	7.7582	11.306
6	7.1019	14.631	7.6232	13.477	7.1610	10.436
7	7.1474	15.994	8.6617	13.548	8.3095	12.109
8	6.5968	17.111	7.5097	15.037	8.0798	11.775
9	6.8041	16.830	7.2014	15.571	8.3612	12.185
10	5.1086	15.267	7.4048	10.816	8.5426	12.595
11	6.6657	16.426	8.3927	11.898	7.3103	10.653
12	6.8199	14.966	7.9656	18.212	7.9362	11.563
13	7.5068	16.982	7.1367	12.844	8.5105	12.402
14	6.3149	15.442	7.8209	18.007	8.7344	12.729
15	5.5531	17.391	8.5940	17.319	8.2636	12.042
$\bar{X}$	6.5960	16.141	7.8422	14.410	7.7854	11.346
s+	0.688	0.926	0.542	2.249	0.714	1.040
v%	10.44	5.74	6.91	15.61	9.17	9.16

Versuch II 28 Tage Versuchsdauer

	G r. F		G r. H	
1	7.3100	15.951	8.2596	12.134
2	6.9402	15.145	6.8598	11.488
3	6.9863	17.714	8.4659	13.014
4	6.6991	14.618	6.7009	10.737
5	7.6133	14.431	7.7823	12.431
6	7.0421	15.364	7.4034	11.768
7	7.8513	17.133	6.5176	11.011
8	7.7096	15.449	8.5931	11.314
9	7.0036	19.647	8.5360	11.646
10	8.1641	17.776	5.9684	13.179
11	6.8523	14.689	8.9268	10.133
12	6.9617	15.191	8.2328	13.240
13	7.6959	16.794	8.2854	11.203
14	8.3069	18.127	8.7145	10.555
15	8.2019	18.139	9.5794	11.694
$\bar{X}$	7.4213	16.411	7.9217	11.703
s+	0.542	1.606	1.019	0.950
v%	7.300	9.78	12.87	8.11

Versuch III

Fortsetzung von Tabelle 5

28 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	G r. K		G r. M	
	Erythrozyten Mill/ μ l	Leukozyten 1000/ μ l	Erythrozyten Mill/ μ l	Leukozyten 1000/ μ l
1	7.3167	13.244	8.0439	11.155
2	7.0138	13.867	7.5746	11.368
3	7.6644	11.373	7.0858	15.146
4	6.9016	13.649	6.1569	16.834
5	7.2714	11.197	7.7914	12.863
6	6.8547	15.036	7.8319	16.430
7	7.5009	12.291	8.2388	13.914
8	7.1455	11.708	6.5403	12.875
9	8.7059	13.814	6.6693	13.810
10	6.1111	12.938	9.7567	13.644
11	6.3968	13.975	7.9611	13.911
12	6.1945	14.268	8.4132	12.419
13	9.5688	12.529	7.6166	11.384
14	7.4850	15.543	6.9349	13.261
15	7.6099	13.749	7.3378	14.637
$\bar{X}$	7.3159	13.279	7.5968	13.577
s+	0.900	1.275	0.886	1.703
v%	12.30	9.60	11.66	12.55

Versuch IV

28 Tage Versuchsdauer

G r. O			G r. Q	
1	8.8814	12.372	8.1313	10.638
2	6.4361	10.066	7.5423	10.067
3	6.7020	11.154	6.8979	11.885
4	7.0199	11.472	7.3748	10.133
5	6.1168	13.364	5.1584	11.352
6	5.7304	13.768	7.0606	10.954
7	6.5048	11.065	8.4984	12.110
8	6.6010	11.575	8.0525	10.498
9	5.9905	10.510	6.6979	11.068
10	6.5483	9.423	7.5083	9.877
11	7.6745	12.257	6.9017	13.341
12	6.4837	10.955	7.5593	12.388
13	5.7532	9.714	7.6519	13.510
14	6.9511	11.368	6.6023	11.096
15	6.8039	12.816	6.8613	10.197
$\bar{X}$	7.2333	11.276	6.6799	11.459
s+	0.797	1.154	0.790	1.277
v%	11.02	10.24	11.83	11.14

Versuch V Fortsetzung von Tabelle 5

14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	G r. R		G r. S		G r. T	
	Erythro- cyten Mill/ μ l	Leuko - cyten 1000/ μ l	Erythro- cyten Mill/ μ l	Leuko - cyten 1000/ μ l	Erythro- cyten Mill/ μ l	Leuko - cyten 1000/ μ l
1	6.7680	12.896	6.2308	13.074	5.5648	16.082
2	6.0510	10.678	5.9090	16.008	5.5916	12.018
3	6.8862	12.850	6.2786	17.940	5.6044	10.612
4	7.9146	17.004	5.4912	10.114	6.1504	13.286
5	7.5334	16.148	5.6248	14.024	6.5578	17.722
$\bar{X}$	7.0307	13.915	5.9069	14.232	5.8979	13.944
s $\pm$	0.722	2.607	0.352	2.968	0.444	2.919
v%	10.27	18.73	5.96	20.86	7.54	20.94

28 Tage Versuchsdauer

6	6.1866	19.338	6.7266	16.492	5.7532	18.244
7	6.2510	16.776	5.5562	18.086	5.2816	16.120
8	5.2688	10.630	7.7486	17.502	6.5140	17.016
9	6.6592	16.500	6.2852	16.252	6.8372	15.758
10	7.5070	10.482	5.1880	15.766	6.0552	15.516
11	6.3370	17.564	6.4458	15.720	7.7034	17.082
12	5.8608	18.046	6.4842	16.356	6.3372	18.670
13	5.1578	13.076	6.2472	16.654	5.2390	16.102
14	5.5820	10.474	5.7492	15.902	6.8646	17.618
15	6.7244	11.108	7.8814	15.332	5.8030	18.934
$\bar{X}$	6.1534	14.399	6.4312	16.407	6.2389	17.107
s $\pm$	0.718	3.579	0.867	0.844	0.771	1.233
v%	11.76	24.86	13.48	5.14	12.36	7.21

Fortsetzung von Tabelle 5

14 Tage Versuchsdauer

Tier Nr.	G r. U		G r. V		G r. W	
	Erythro- cyten Mill/ μ l	Leuko - cyten 1000/ μ l	Erythro- cyten Mill/ μ l	Leuko - cyten 1000/ μ l	Erythro- cyten Mill/ μ l	Leuko - cyten 1000/ μ l
1	5.0090	17.550	5.5062	17.450	5.1686	18.072
2	5.1366	14.582	5.9540	16.236	4.8136	19.826
3	4.6296	16.362	5.8440	18.604	5.8618	17.850
4	5.4000	12.084	6.0428	16.742	5.1914	14.633
5	5.1330	14.960	5.4838	17.856	5.7708	13.294
$\bar{X}$	5.0617	15.108	5.7661	17.378	5.3612	16.735
s $\pm$	0.280	2.060	0.257	0.928	0.443	2.685
v%	5.54	13.64	4.47	5.34	8.26	16.05

28 Tage Versuchsdauer

6	4.2114	15.104	5.6906	10.952	5.8032	14.686
7	5.4434	17.972	5.0200	14.972	5.7884	15.306
8	5.7526	16.550	6.9174	15.948	5.7498	18.176
9	5.6320	15.366	5.9454	17.494	6.5370	15.080
10	6.7756	14.628	5.9474	14.534	5.9330	19.476
11	4.4350	16.190	4.9896	17.056	4.9338	12.882
12	5.0910	16.970	5.1078	15.956	5.3094	15.500
13	5.7634	15.088	5.0424	16.066	4.7164	18.254
14	4.8528	16.982	6.7390	16.656	5.0484	15.306
15	5.2598	16.694	5.0612	18.566	5.4728	14.334
$\bar{X}$	5.3318	16.154	5.6460	15.320	5.5292	15.900
s $\pm$	0.722	1.070	0.731	2.075	0.544	2.057
v%	13.54	6.62	12.95	13.11	9.85	12.94

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. H. Brune, möchte ich für die freundliche Überlassung des Themas und das meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse sehr herzlich danken.

Herrn Dr. H. Djahanschiri sage ich meinen besten Dank für die Betreuung und unermüdliche Zusammenarbeit.

Mein Dank gilt auch Frau Dr. Niemann und den übrigen Institutsangehörigen für die bereitwillig gewährte Unterstützung dieser Arbeit.

Dem Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) danke ich verbindlich für das gewährte Stipendium.

L e b e n s l a u f

- | | |
|----------------|--|
| 16.2.1943 | Geboren in Hamedan/IRAN als Sohn des Kaufmanns Isak Hakhamian |
| 1949-1956 | Besuch der Etehad-Volksschule in Hamedan und Teheran |
| 1957-1961 | Besuch der Etehad-Oberschule in Teheran |
| 1961 | Abitur im Mathematischen Zweig |
| 20.4.1963 | Einreise in die Bundesrepublik Deutschland |
| 1964-1965 | Besuch des Studienkollegs in Darmstadt |
| 20.10.1965 | Beginn des Studiums der Landwirtschaft in Gießen |
| April-Okt.1967 | Landwirtschaftliches Praktikum |
| 6.4.1970 | Diplomprüfung als Dipl.Landw., Fachrichtung Tierproduktion |
| Seit Mai 1970 | Doktorand im Institut für Tierernährung der Justus Liebig-Universität im Fachbereich 19 Ernährungswissenschaften |

